



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**El Comic como estrategia de enseñanza-aprendizaje
para el tema Mitosis en el Bachillerato.**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN
BIOLOGÍA.**

P R E S E N T A

Biol. Margarita Santiago Reséndiz.

Tutor:

Dra. Norma Yolanda Ulloa Lugo.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES - IZTACALA

México, D.F. Junio de 2015.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INDICE	2
Resumen.....	5
Abstract	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	8
Características del comic.....	11
Organización del comic	15
CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA EN EL BACHILLERATO.....	21
Construcción del conocimiento en situaciones educativas.....	28
CAPÍTULO 3. LA PROBLEMÁTICA PARA ABORDAR EL TEMA MITOSIS EN EL AULA.....	37
Problema	37
Aprendizaje de la división celular por mitosis	40
Justificación de la estrategia.....	46
Objetivo general	47
Objetivos particulares	47
Hipótesis:.....	48
CAPÍTULO 4. MÉTODO	49
Aplicación de la estrategia.....	49
Elaboración del test	54
Parte de preguntas abiertas del test.....	56
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	60
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
Análisis de normalidad	69
Grupo Control	69
Grupo con Intervención.....	71
Comparaciones múltiples.....	73
Pre-test.....	73
Post-test	73
Diferencias	74
Análisis cualitativo de los cuestionarios.....	75

Comparativo del Pre-test y Post-test del grupo control.....	75
Pre-test de los grupos de intervención	78
Post-test de los grupos de intervención.....	83
Análisis de los comics	88
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	92
Impresiones finales del trabajo	92
Conclusiones.....	93
Recomendaciones para la aplicación de esta estrategia.....	97
REFERENCIAS	99
CAPÍTULO 8. A N E X O S.....	110
A n e x o 1.....	110
A n e x o 2.....	111
A n e x o 3.....	114
A n e x o 4.....	116
A n e x o 5.....	118
A n e x o 6.....	120
A n e x o 7.....	122
A n e x o 8.....	123
A n e x o 9.....	124

“Me sentí al principio confundida
e incluso un poco insegura
por mis escasos conocimientos
posteriormente más segura
en la aplicación y determinación
de los conceptos.

De antemano GRACIAS
por considerar a mi grupo
como espectador del desarrollo
de su tema, así como receptores
en la captación de nuevos

Aprendizajes”

Seudónimo: **Cris.**

Resumen

El presente trabajo fue una propuesta de enseñanza-aprendizaje que buscó abordar el tema Mitosis en el aula de una forma diferente a la tradicional; se planteó como recurso didáctico la elaboración de un comic por parte de los alumnos; donde la función del docente fue mediar entre el contenido y el alumno. Se realizó tanto una evaluación cuantitativa como una evaluación cualitativa de las respuestas dadas por los alumnos en el pre-test y post-test así como un análisis de los comics elaborados por ellos, llegando a la conclusión de que la elaboración del comic promovió en los alumnos la comprensión del tema Mitosis.

Abstract

This work was a proposal of teaching and learning that sought to address the issue Mitosis in the classroom in a different to the traditional way; it was raised as a teaching resource developing a comic by students; where the teacher's role was to mediate between content and student. A quantitative evaluation was performed both as a qualitative assessment of the answers given by students in the pre-test and post-test and an analysis of the comics made by them, concluding that the development of the comic promoted in the students understanding of the theme Mitosis

INTRODUCCIÓN

A comienzos de los años ochenta se elaboraron dos estudios de gran interés para la didáctica de la genética. El primero intentaba determinar cuáles eran los contenidos de Biología más difíciles de aprender (Johstone y Mahmoud, 1980). El segundo analizaba cuáles eran los contenidos considerados por los profesores de ciencias de bachillerato, más importantes y difíciles (Finley *et al.*, 1982). En ambos trabajos, la genética aparecía en los primeros puestos de importancia y dificultad y, más en concreto, tres de sus áreas: mitosis-meiosis, genética mendeliana y teoría cromosómica¹.

Dado que esas investigaciones planteaban la dificultad para abordar el tema Mitosis en estudiantes de bachillerato, se generaron trabajos en investigación didáctica en estas tres áreas (Bugallo, 1995), pues se consideraba un tema cuya naturaleza abstracta podría considerarse como un obstáculo de aprendizaje, no obstante, en el currículum seguía manteniéndose como parte del mismo para ser visto en clase (Banet y Ayuso, 1998).

Temas como éste llevaron a una reflexión por parte de investigadores en didáctica de la genética (Bugallo, 1995), respecto a la forma más conveniente para su enseñanza en el aula, y una reflexión similar, condujo a la realización de este trabajo, por ello, en el capítulo uno se presenta la expectativa del trabajo de tesis con su planteamiento teórico.

En el capítulo dos se exponen las características del bachillerato en general, especificando las del Colegio de Ciencias y Humanidades y particularizando en la construcción del conocimiento en situaciones educativas,

¹ Estas tres áreas se refieren en el caso de la mitosis-meiosis al estudio del tipo de división celular, asexual en el primer caso y sexual en el segundo, además de sus respectivas consecuencias e importancia biológica; la genética mendeliana está dedicada al estudio de los principios fundamentales de la herencia y, la teoría cromosómica estudia a los genes como las unidades hereditarias que determinan las características de un organismo y se localizan en los cromosomas, además de establecer que las leyes de Mendel se explican con base en la distribución cromosómica resultante de la meiosis y las consecuencias derivadas de esto.

también se presenta el planteamiento del problema, así como la justificación de la estrategia, la hipótesis, el objetivo general y los objetivos particulares, para abordar el tema Mitosis, que como contenido declarativo involucra un punto central: *-concebir que las células se reproduzcan duplicando su contenido (que el DNA se replique exactamente igual) y que los cromosomas replicados se segreguen equitativamente en dos células distintas-*; y su importancia biológica, pues en especies unicelulares como las bacterias y levaduras, cada división de la célula produce dos nuevas células idénticas a la célula progenitora (Alberts, 2012). En especies pluricelulares se requieren muchas secuencias de divisiones celulares para formar un nuevo individuo; además, la división celular también es necesaria para que el cuerpo adulto reemplace las células perdidas por desgaste, deterioro, embriogénesis o metamorfosis (*op cit*).

En eucariontes, la fase más importante del ciclo celular es la mitosis, el proceso de división nuclear y citoplásmica, que conducirá hasta la división de dos células. De este modo, durante el ciclo celular, un conjunto complejo de procesos citoplasmáticos y nucleares tienen que coordinarse unos con otros (Alberts, 2012). Pedagógicamente, el problema central, es lograr que el alumno entienda cómo se consigue esta coordinación y cómo ocurre ésta división.

Para ello, en este trabajo se propone la elaboración de un comic como estrategia didáctica con la cual el alumno concretice este proceso mediante la realización del mismo, ya que el comic ofrece aspectos que favorecen la comprensión de los procesos (Alonso, 2012). El diseño del método así como la forma en que se realizó la intervención docente en el aula se presentan en el capítulo tres. En el capítulo cuatro se muestran los resultados obtenidos, mientras en el capítulo cinco el análisis y discusión de estos resultados, con sus respectivas conclusiones presentadas en el capítulo seis. Finalmente, en el capítulo ocho se encuentran los anexos empleados en este trabajo.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En los últimos años se ha prestado una atención cada vez mayor a la influencia del pensamiento del profesor en su trabajo, es decir, a cómo las ideas, concepciones y valores del docente influyen en sus estrategias de enseñanza y en su actuación en clase. Nos referimos a aspectos distintos del conocimiento de la propia asignatura o disciplina, como son las concepciones sobre la ciencia, la enseñanza, el aprendizaje, las motivaciones de los alumnos, los métodos docentes y otros aspectos relacionados con su actividad (Campanario, 2003).

Así, cada vez que los docentes nos planteamos enseñar determinados contenidos escolares a los educandos a cargo, ponemos en funcionamiento, una serie compleja de ideas sobre qué significa aprender en la escuela y cómo se puede ayudar al alumnado en este proceso (Mauri, 1999). De ésta manera, surge una línea de trabajo que abarca las creencias del docente, al actuar como mediador no racional o inconsciente de su actuación en el aula. En esta, se integran las teorías implícitas, el conocimiento espontáneo, las teorías subjetivas, ingenuas o privadas, la perspectiva personal, los principios de la práctica, los sistemas de constructos, las teorías de la acción y el pensamiento o conocimiento práctico. Aunque los términos difieran, la idea que expresan es que el marco de referencia cognitivo explícito de la conducta del profesor está orientado por un sistema personal privado e implícito de creencias (Peme-Aranega, 2005, Benarroch, 2011).

Dichas ideas que hemos ido forjando a lo largo de nuestra actividad educativa, gracias a la experiencia y a la reflexión, constituyen nuestra concepción de aprendizaje y enseñanza. Esta es la fuente de nuestra propia teoría, actúa como preconcepción clave para la toma de decisiones sobre qué, cuándo y cómo enseñar y evaluar (Mauri, 1999).

De aquí, todo un conjunto de consideraciones que investigaciones en psicología, pedagogía y epistemología han puesto en evidencia: el acto de educar

implica interacciones muy complejas, que involucran cuestiones simbólicas, afectivas, comunicativas, sociales, y axiológicas (Díaz-Barriga, 2004). Así, un profesor requiere ser un profesional capaz de ayudar propositivamente a otros a aprender, pensar, sentir, actuar y desarrollarse como personas y como miembros de una sociedad (*op cit.*).

En el 1995 Giordan y Vecchi, manifestaban que este es el verdadero problema que se planteaba a los profesores, si se busca una enseñanza de calidad: los conocimientos serán movilizados y remodelados para hacer frente al cambio constante y las exigencias del mundo actual. Y esto, en pleno siglo XXI, en un mundo ampliamente dominado por los medios de comunicación (García, 2006), se han revolucionado los modos de transferencia de información, en una época donde las formas de comunicación hacen uso de diversas formas de representarla y amplifican su importancia, corresponde dar mayor relevancia al uso de la misma en la promoción del proceso de enseñanza-aprendizaje del conocimiento científico (*op cit.*).

Por ello, algunos de elementos que son de considerarse en la situación actual de la educación y la enseñanza son:

- El número de alumnos en el sistema educativo ha crecido considerablemente en los últimos decenios.
- Los conocimientos científicos han experimentado en las últimas décadas una explosión sin precedentes. Los alumnos tienen que aprender más que antes y en menos tiempo que antes.
- Los valores sociales han cambiado y ahora nos parecen buenas y aceptables cosas que antes estaban mal vistas y viceversa. (INEE, 2009).

Uno de los argumentos que más se oye contra la necesidad de una formación didáctica del profesorado de ciencias es que dicha formación resulta

innecesaria (Campanario, 2002). Se argumenta, no sin cierta lógica, que siempre ha habido físicos y químicos sin que se supiera nada de psicología y didáctica y siempre los habrá, aunque no se apliquen métodos didácticos de enseñanza. Está muy extendida una vaga creencia según la cual el buen docente nace, no se hace. Las continuas referencias al carácter vocacional de nuestro trabajo parecen excluir la necesidad y aun la conveniencia de cualquier formación didáctica. Lo extendido de esta creencia se ilustra, por ejemplo, en las típicas películas sobre profesores en las que el buen docente desempeña bien su trabajo, debido esencialmente, a sus características personales y, lógicamente, sin la intervención de ningún proceso de formación (Campanario, 2003).

Por tanto, se hace necesario reflexionar acerca de este punto, pues según la finalidad que se persiga, el ponderar de los saberes será determinante en la elección de los mismos, y no sólo por cubrir un programa, sino en el sentido de promover el saber como herramienta, centrándose, por un lado, en que “saber” es, ante todo, ser capaz de utilizar lo que se ha aprendido, movilizándolo para resolver un problema o clarificar una situación siempre que no sean memorizado para un examen, igualmente anticuado en su forma, sino de manera funcional, y todo ello, desarrollado desde la escuela (Giordan y Vecchi, 1995).

Pues con frecuencia, los estudiantes no son capaces de distinguir el fenómeno de interés de otros aspectos llamativos, confunden unas demostraciones con otras semejantes o no son capaces de establecer la relación entre los fenómenos, por ello se recomienda que los estudiantes deben tener la oportunidad de explicar por sí mismos (Colegio de Ciencias y Humanidades, Orientación y Sentido de las áreas Programa Actualizado, 2006), (por ejemplo, por escrito, como en el caso de la presente propuesta, donde se solicita que el alumno sea quien realice una explicación mediante el comic que elabore) las bases y los resultados de alguna demostración (Campanario, 2012). En este sentido, no es de extrañarse que los alumnos consideren que el aprendizaje escolar sólo les sirve en la escuela y que una vez fuera de la misma, ya no tiene

sentido hacer uso de éste, pues no logran vincular con la vida cotidiana el contenido visto en sus diferentes disciplinas.

Con base en lo anterior, en este trabajo se considera al comic como una forma idónea para utilizar en nuestras clases. Pues son varias las actividades que se pueden realizar mediante las cuales se pueden introducir conceptos y promover destrezas.

Características del comic

En la actualidad, puede observarse que la iconografía tiene un gran auge en nuestra vida cotidiana, expresiones tales como “una imagen dice más que mil palabras”² (Diana, 1997), son representativas de la forma en que sin lugar a dudas nos comunicamos, pues si tan solo en un día hiciéramos un conteo de todos los íconos que nos comunican algún tipo de información (como en el transporte, centros comerciales, en la computadora, el celular, anuncios televisivos, restaurantes, etc.) encontraríamos que estas representaciones se han vuelto parte de nuestro diario vivir y nos vuelven más accesible la información.

Etimológicamente, imagen viene del sustantivo latino “imago inis” que significa representación, retrato de algo (Diana, 1997). Al fijar la imagen en un material adquiere sentido de realidad. La característica más evidente sobre los efectos de tipo perceptivo en las personas, se manifiesta en la respuesta a estímulos visuales producidos por imágenes que se mueven. Desde la perspectiva de la comunicación docente-discente, podemos definir la imagen como el recurso pedagógico para hacer perceptible una realidad distante en el tiempo y en el espacio. Dicha realidad requiere ser asimilable partiendo de los elementos que cobran significado para el alumno (*op cit.*).

Desde la perspectiva de la información y con la intención de dar a conocer, es evidente, que todo se promociona con imágenes (ideas, moda, productos de

² Proverbio chino

todo tipo), en el acto didáctico no se puede olvidar este recurso, posible de utilizar en diversos soportes y pudiendo el uso de la imagen formar el contenido, así como el recurso ordenado y sistemático en manos del docente.

Algunas de las ventajas que ofrece la imagen son (Federación de enseñanza de C.C.O.O. de Andalucía, 2009):

- Es motivadora para nuevas percepciones
- Es fija y móvil, siendo un recurso que deja huella en los procesos cognitivos
- Favorece el pensamiento creativo
- Mejora la fijación, atención y observación en los estadios procesuales
- Estimula, involucrando al observador al convertirse en participante activo.

El mundo de la imagen forma un complejo campo como contenido y recurso, pero nunca como sustituto del educador, puede ser estática y dinámica, dependiendo de las circunstancias y objetivos a conseguir. Hoy, la imagen se ha consolidado, pasando a ser pieza fundamental en la era de las comunicaciones a través de diversos formatos (Rodríguez, 2010).

Además, nadie puede negar que el acto didáctico se sirve de imágenes (fotografías, esquemas, cuadros, mapas conceptuales, etc.) a los que el lenguaje verbal, a veces, no puede llegar (Diana, 1997).

Una forma en que se ha hecho uso de la imagen es mediante el “comic”, término que fue utilizado para designar a la historieta, este término, en 1891, fue incorporado en el Petit Larousse Illustré bajo su referente en inglés “cómics” – revista de historietas- y que ya era utilizado comúnmente entre las personas aficionadas a éste género de revistas norteamericanas y con una explicación más rebuscada acerca de las mismas historietas:

“Bande Desinée, secuencia de imágenes acompañadas de un texto en que se relata una acción cuyo desenvolvimiento temporal se efectúa por saltos

sucesivos de una imagen a otra sin que se interrumpa la continuidad del mismo ni la presencia de los personajes” (Baron-Carvis, 1989; Baudet, 2001).

En Norteamérica se les denomina *comics*, en Francia *Bande Dessinée*, en Italia *Fumetto o Fumetti* (su plural), en España *Tebeo*, en Latinoamérica algunos le llaman *historietas, monitos, cuentitos, comiquillas o chistes* (Baudet, 2001).

Si se busca establecer el género literario al cual pertenece el comic, es difícil encontrar una clasificación como tal, pues recurre a dos categorías, una de las cuales depende del género literario establecida por el escritor y la otra, depende del mensaje que busque generar el dibujante en el lector, al traducir un relato, un pensamiento, o cualquier tipo de información, pues el propósito no es sólo divertir a quien lo lee y observa, sino en ocasiones transmitir, por medio de la expresión gráfica, lo que no siempre logra expresar la abstracción de la escritura (Baudet, 2001).

El comic puede definirse como una serie de dibujos que constituyen un relato; también se puede definir como un conjunto de ilustraciones yuxtapuestas y otras imágenes en secuencia deliberada con el propósito de transmitir información u obtener una respuesta estética por parte del lector o lectora (García, 2006; Rodríguez, 2010). Se trata, en definitiva, de un medio de comunicación que constituye un vínculo perfecto entre el soporte papel (asociado a la lectura activa) y los soportes audiovisuales (asociados a la lectura pasiva), combinando además el texto narrativo con el dialogo, teniendo asimismo un alto valor lúdico por el gran poder de atracción y sugestión que sus imágenes producen en las personas (Rodríguez, 2010).

Aunque su origen se remonta a los albores de la humanidad (pinturas murales egipcias o griegas y relieves romanos), pasando por las narraciones visuales en las naves de las iglesias durante la Edad Media, e incluso en manifestaciones culturales de las civilizaciones precolombinas alcanzan un renovado impulso a partir del descubrimiento de la imprenta donde los humoristas

ingleses del siglo XVIII y los pioneros del XIX sientan las bases de lo que va a ser el comic moderno, siendo sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XIX donde el comic se desarrolla en paralelo a la evolución de la prensa como primer medio de comunicación de masas (Federación de Enseñanza de CC.OO. De Andalucía, 2009).

A nivel mundial se produjo un boom del comic en diferentes países, y fue en ese momento cuando se vio reforzada la actitud de algunos pedagogos y pedagogas, así como de ciertas instituciones de emplear la historieta como herramienta de aprendizaje en la escuela. Así, en la década de los 80 era frecuente que los libros de texto incorporaran historietas para el aprendizaje de alguna parte de una asignatura o para facilitar la comprensión de una lectura apoyándose en las imágenes (Federación de Enseñanza de CC.OO. De Andalucía, 2009).

El carácter narrativo del comic es uno de sus aspectos más importantes; es por ello que algunas definiciones se plantean de modo meramente descriptivo, en donde se enfatiza este aspecto, así como su sentido predominantemente icónico. En este sentido, Arismendi (1975) define a este género como

“una expresión figurativa, una narrativa en imágenes que logra una interrelación de palabra y dibujo, gracias, fundamentalmente a dos convenciones: la viñeta (que distingue la continuidad del relato en el tiempo y en el espacio) y el globo (que delimita al texto y al personaje)”.

Javier Coma (1979) define a los comics como “narrativa mediante secuencia de imágenes dibujadas”. Román Gubern, (1979) por su parte, plantea que el comic es una “estructura narrativa formada por la secuencia progresiva de pictogramas, en los cuales pueden integrarse elementos de escritura fonética” (Gubern, 1979).

La palabra comic designa a aquello que algunos denominan figuración narrativa; esa forma híbrida que mezcla texto e imagen se desarrolló en

Norteamérica a fines del XIX. A estas narraciones se les ha denominado comics porque fueron esencialmente cómicas (García, 2006).

Tanto el carácter lúdico presente en los comics, como el valor sugerente de las imágenes que en él se utilizan son de gran valor desde el punto de vista de la motivación. Este refuerzo de la motivación sirve para desarrollar la lógica de lectura, reforzar la lectura secuencial de imágenes, la autoestima, la imaginación, la capacidad crítica del alumno, sus cualidades narrativas y descriptivas, y su psicología emocional (Barrero, 2002).

Un comic o historieta gráfica es “una narración con una secuencia narrativa representada por dibujos acompañados de textos”. Sus características de acuerdo con (Zorrilla, 2001):

- Mensaje narrativo
- Lenguaje verbo-icónico³
- Utilizan onomatopeyas⁴
- Códigos específicos
- Medio de comunicación masiva
- Finalidad distractora (*op cit*).

Organización del comic

Un comic organiza una historia en espacios o recuadros llamados viñetas. Según Zorrilla, 2001; Rodríguez, 2010; dentro de la viñeta se puede distinguir:

- El continente.- son líneas que delimitan el espacio total de la página, pueden ser rectas o curvas-.

³ Este término está referido a la representación de una acción mediante iconografía.

⁴ Las onomatopeyas representan tanto a los sonidos ambientales de la escena y su intensidad. La tipografía con la que se elaboran las onomatopeyas habla de la intensidad y forma del sonido que se emite, estos elementos ambientan la historia que se cuenta (Zorrilla, 2001).

- El contenido.- son las imágenes y palabras que aparecen dentro de cada viñeta-.
 - La cartelera.- es la voz del narrador y su forma es rectangular. (Zorrilla, 2001; Rodríguez, 2010).
- ❖ Cada viñeta o cuadro de la historieta, combina los gráficos con lo narrativo, el dibujo, los textos narrativos, los diálogos y onomatopeyas
 - ❖ Los textos narrativos suelen ser breves y van colocados en la parte superior de la viñeta. Nos sitúan la historia: el lugar, el momento, el acontecimiento
 - ❖ Los diálogos aparecen encerrados en globos o bocadillos, son normalmente una forma geométrica y poseen un apéndice que señala al personaje que habla. Los bocadillos se diferencian según el sentimiento que expresan.
 - Globo normal: indica que el personaje está hablando
 - Globo de pensamiento: indica que el personaje está pensando
 - Globo de línea punteada: el personaje está hablando en voz baja
 - Globo con puntas: indica que el personaje está gritando
 - Globo con garabatos: indica que el personaje está diciendo o pensando insultos
 - Globo con sonidos: ¡plop! ¡glup! ¡crash! ¡toc-toc! ¡puf! ¡snif!
 - Globo con un foco o ampolleta encendida: indica una idea brillante del personaje
 - Signo de interrogación: el personaje está intrigado por algo que no entiende (Rodríguez, 2010).

Entre las actividades como estrategia didáctica que se pueden poner en práctica con el comic, destaca por su valor creativo: la elaboración de un comic. Con esta estrategia podemos desarrollar la imaginación y la creatividad del

alumno, además de favorecer la comunicación, la integración y la cohesión grupal. El estudiante pasa así, a ser un elemento activo del proceso de aprendizaje, convirtiéndose en el protagonista (Baudet, 2001).

Por otra parte, se ha visto influida la creatividad por el enfoque de los rasgos, que relaciona creatividad con personalidad. Este enfoque implica la consideración de que la creatividad es algo inalterable y que las personas creativas pueden producir con esta cualidad en cualquier momento y en cualquier campo (Vecina, 2006). Por el contrario, la producción de ideas creativas no surge de la nada, más bien, éstas surgen de personas que han desarrollado un amplio abanico de habilidades y que disponen de un rico cuerpo de conocimientos relevantes, previamente adquirido en contextos favorecedores (Simonton, 2000), así, la creatividad no es una cuestión de talento natural, temperamento o suerte, sino una habilidad que se puede cultivar y desarrollar (De Bono, 1992), es decir, si se utilizan técnicas sistemáticas y estrategias apropiadas, es posible conseguir el desarrollo de la misma.

La creatividad surge de una mezcla de características personales, habilidades cognitivas, conocimientos técnicos, circunstancias sociales y culturales (Vecina, 2006).

Una de las metas de aprendizaje de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM es que el alumno participe en el proceso de enseñanza-aprendizaje en forma activa. Es en ese contexto en el que el concepto de autonomía en el aprendizaje adquiere importancia. La autonomía es un gran factor de motivación, ya que el alumno se ve estimulado por la libertad que ésta le otorga. Este proceso puede activarse mediante el uso de actividades creativas en el aula, lo que contribuye a la motivación del estudiante, que se convierte “en agente de su aprendizaje, se hace participativo, busca información, controla y domina su proceso cognitivo y desarrolla confianza en sus aptitudes y habilidades” (Alonso, 2012).

Aunado a lo anterior, cuando se pide a un alumno que haga un comic, no sólo se está potenciando su creatividad sino que, al fomentar una actitud activa y participativa, también se estimula su memoria pues se sabe que recuerda un 90% de aquello que se hace, un 10% de lo que se lee, 20% de lo que se oye y 30% de lo que se ve (O'Connor y Seymour, 1992; Alonso, 2012).

Otro factor que convierte al comic en un recurso idóneo para su utilización en el aula es el hecho de que la dimensión creativa tiene fuertes vínculos con un componente de gran importancia en el comic: el humor. La risa hace ver las cosas desde un punto de vista diferente, que se aleja de los parámetros cotidianos, dando así una perspectiva de la realidad. En definitiva libera del pensamiento formal que prima en la escuela tradicional, permitiendo la creatividad (Miravalles, 1999).

El tener que adaptar un relato escrito, obliga a una lectura previa muy detenida del texto, de modo que se lee y relee más razonadamente, y obliga además a seleccionar las ideas principales y lo que más interese para la posterior elaboración. Con esta tarea no sólo se consigue que los alumnos aprendan a resumir, sino también a pensar, redactar los diálogos y el título de forma clara y personal, sin limitarse a copiar lo ya dicho por el texto, exige también un gran esfuerzo mental de comprensión y expresión, construyendo un diálogo con orden, lógica y claridad (Miravalles, 1999).

Quizá en un inicio, quien desee elaborar un comic, sí requiera copiar la información, pues ha de recordarse que construir diálogos (coherentes y bien articulados) es un proceso mental complejo (Rodríguez, 2010), de ahí la importancia de promover como se buscó en la presente propuesta, el desarrollo de habilidades de lectoescritura.

García (2006) en su tesis "El comic como medio de comunicación masiva" realizó una investigación donde buscó probar como estrategia una "Propuesta práctica", la cual consistió en seleccionar primero los problemas éticos y los episodios de la historia de la ciencia que servirían de argumento a las historietas.

Entre los problemas éticos se seleccionaron los que implican la posibilidad de producir alteraciones significativas en los seres vivos. Para la selección de los contenidos de las primeras cinco historietas, se consultó a seis miembros del Centro de Bioética de la Universidad de Chile, quienes proporcionaron un listado jerarquizado de temas relevantes de la historia de la ciencia, que plantean dilemas éticos. Con el resultado de la consulta, seleccionaron 5 episodios de la historia de la ciencia relacionados con problemas éticos que han debido enfrentar los científicos en diversas etapas: “El proyecto Manhattan: Creación de la bomba atómica”, “La decisión de Pasteur: Creación de la vacuna contra la rabia”, “El primer trasplante de corazón”, “El uso de pesticidas y el caso Bhopal” y “Dolly: La primera oveja clonada”. Se planteó realizar una sexta historieta con un argumento que sirviera de resumen a los problemas éticos que planteaban las cinco anteriores. También se planificó incluir en cada número, guías de trabajo para los profesores que presentaran los contenidos básicos, y sugerencias metodológicas que permitieran la utilización de las historietas como material de introducción a la bioética en el aula utilizándolo como material de apoyo para las asignaturas de biología, filosofía, consejo de curso, talleres científicos, etc.

Previamente se comentó acerca de la problemática de la enseñanza de la ciencia; en este caso, existe una marcada influencia de los estereotipos sobre la ciencia y la enseñanza de la misma, los cuales comienzan con experiencias personales con la ciencia en la escuela, reforzadas por el medio: la cultura, familiares, amigos y en general la comunidad. Además, la fama de “duras” que tienen las disciplinas científicas, los profesionales de la enseñanza de materias científicas enfrentan cierta percepción negativa que la sociedad tiene, tanto de quienes se dedican a ellas como de su ámbito de trabajo (Mac Adam, 1990; Cory y Eugene, 2007; García, 2009). Afortunadamente, éstos estereotipos están cambiando; muestra de ello es la influencia de los medios de comunicación (García, 2009).

Es aquí donde los comics, viñetas e imágenes humorísticas constituyen un excelente recurso didáctico; que de acuerdo con García en 2009 pueden

emplearse durante las clases de física, tanto para plantear cuestiones y ejercicios, como para introducir y discutir conceptos básicos del currículum. Además de captar la atención de los estudiantes y estimular la discusión en clase, el uso (convenientemente dosificado) de las ilustraciones cómicas en la docencia de la física también ayuda a contrarrestar la idea que tienen muchas personas de que las actividades relacionadas con la física (enseñar, aprender, investigar....) son tediosas y aburridas, cuando pueden ser tan divertidas (o aburridas) como cualquier actividad humana.

Por ejemplo, en los años setenta surgió la Revista “Profesor Planeta”, la cual trataba de manera amena temas científicos, tratando de realizar divulgación de la Biología y la Geología entre niños y jóvenes, donde el personaje principal era el Profesor Planeta y su sobrina Lilia, quienes encogían sus cuerpos para visitar el mundo microscópico, viajando al interior de cuerpo humano y de las plantas para explicar su funcionamiento y aspectos de los minerales (Soto, 2012).

En matemáticas, por ejemplo, Escudero (2008) en su tesis: “No soy matemático por falta de vocación o falta de información” plantea la influencia de los estereotipos en la elección de carrera; realiza un análisis de dibujos que solicita a los alumnos a partir de cuestionamientos como: ¿qué imagen tienes de un matemático?; y, si las matemáticas fueran una persona ¿cómo la representarías?

En ambos casos, los alumnos hicieron dibujos donde se denota una marcada influencia de estereotipos similares a los de la ciencia y los científicos; encontrando además que existe mucha desinformación acerca de los campos donde puede desempeñarse un matemático.

CAPÍTULO 2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA EN EL BACHILLERATO

En este capítulo se realiza una descripción general de las implicaciones de la Educación Media Superior, a partir de su establecimiento como educación obligatoria y su papel en la formación académica de los jóvenes de nuestro país.

De manera global desde que la educación marcó un distintivo en el desarrollo diferenciado de los países, se ha reconocido que la educación es un derecho fundamental, esencial para poder ejercer todos los demás. De igual manera la educación promueve la libertad y la autonomía personal. No es de extrañarse que una persona que tiene un nivel de formación académica pueda destacar y tener mejores oportunidades en un ámbito laboral por ejemplo. Además gracias a ella, no sólo hay beneficio de manera individual, sino que es posible mejorar las condiciones sociales, económicas y culturales de los países; se sabe, por ejemplo, que el incremento de la escolaridad de la población se asocia con el mejoramiento de la productividad, la movilidad social, la reducción de la pobreza, la construcción de la ciudadanía y la identidad y, en definitiva, con el fortalecimiento de la cohesión social (Santos del Real, 2011).

En nuestro país, la educación es parte de los derechos humanos y para avanzar en el ejercicio del derecho a la educación, el Estado mexicano se ha comprometido con la universalización de la cobertura del servicio educativo estableciendo la obligatoriedad, primero de la educación primaria (en 1971) después de la secundaria (en 1993) el preescolar (en 2002) y el 9 de diciembre de 2010, la Cámara de Diputados aprobó, un proyecto de decreto por el que se reforman los artículos 3° y 31 de la Constitución para establecer la obligación del Estado de impartir la educación media superior, así como la de los padres de hacer que sus hijos concurren a escuelas públicas o privadas para obtener esta instrucción post básica (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), Informe 2010-2011). No obstante, esto representa una situación difícil,

pues en estudios recientes, los datos estadísticos muestran evidencia de que el rezago y la deserción estudiantil se han incrementado considerablemente.

Po lo que es importante considerar que el ejercicio de este derecho no se garantiza sólo asegurando la igualdad en las oportunidades de ingreso al sistema escolar, sino que su realización plena implica también el logro efectivo de los aprendizajes, que determina el currículo nacional, por parte de todos los estudiantes. Si bien se ha avanzado de manera muy importante en la ampliación de las oportunidades de niños y jóvenes para acceder y completar los niveles que conforman la educación obligatoria, todavía se registran problemas considerables tanto en el tránsito de la primaria a la secundaria, como en la permanencia y conclusión de esta última, y en el logro de los aprendizajes esperados para los niveles que comprende la escolaridad básica (INNE, 2009), situación que se traducirá en una desventaja para mantenerse en el siguiente nivel y lograr los conocimientos que éste propone (INEE, Informe 2010-2011).

Por ende, no es fácil decidir cuánto de la formación que ofrezca la educación media ha de ser de carácter general y común y cuánto del currículo ha de dedicarse a la formación especializada para atender la diversidad de intereses y necesidades, en la definición de qué es lo que ha de enseñarse, es fundamental garantizar que tres años más de escolaridad representen un aumento de los niveles de complejidad de los aprendizajes y evitar –tanto como sea posible– que ese tiempo adicional se utilice para alcanzar objetivos que han sido fijados para ciclos escolares previos. Lo cierto es que cuando la eficacia de éstos es baja, es casi inevitable que los niveles posteriores destinen tiempo a compensar las deficiencias de sus alumnos de nuevo ingreso y posterguen el logro de sus propios objetivos de aprendizaje.

El bachillerato es inmediatamente posterior a la educación secundaria, se cursa en tres años y es de carácter propedéutico para cursar estudios superiores, pero también existen bachilleratos que son propedéuticos y terminales al mismo

tiempo, dentro de estos, se encuentra el Colegio de Ciencias y Humanidades (Documentos del Concurso de Oposición para el Ingreso a la Educación Media Superior 2014-2015).

De acuerdo a los fundamentos del Colegio de Ciencias y Humanidades, en los documentos se plantea que “El bachillerato Universitario, tiene funciones específicas e identidad propia; dentro de éstas funciones se encuentra el colaborar al desarrollo de la personalidad de los alumnos, su inserción satisfactoria en los estudios superiores y en la vida social, su formación intelectual y ética, así como contribuir en su participación reflexiva y consciente en la cultura de nuestro tiempo con las características de una cultura básica. El bachillerato Universitario, por consiguiente, concibe al alumno como sujeto de la cultura y no como receptor, por lo que el alumno no sólo debe comprender los conocimientos, sino también juzgarlos y quizás, llegado el momento pudiera trascenderlos y reelaborarlos o sustituirlos por otros, mejor fundados e innovados, pues además de orientar a los alumnos para cursar con éxito estudios profesionales cabe recordar que el Bachillerato del Colegio es propedéutico y terminal, así, se favorece que el alumno progresivamente vaya relacionando e integrando, con las bases necesarias, la información que se le presente para la construcción de su propio conocimiento. Por ello, pone especial atención en el trabajo intelectual del alumno y excluye concebirlo como repetidor del saber del profesor” (Planes de estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades, 1996).

En este sentido, puede establecerse una concordancia a partir del enfoque constructivista, pues en él se plantea que el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano (Pozo, 1999). Dicho proceso de construcción depende de dos aspectos fundamentales: de los conocimientos previos o representación que se tenga sobre los fenómenos naturales y de la actividad interna o externa que el aprendiz realice al respecto (*op cit*).

Considerando que el alumno egresado del bachillerato universitario deberá saber, y hacer, es decir, unirá conocimientos al dominio inicial de metodologías,

procedimientos de trabajo intelectual, prácticas, tecnologías y técnicas en un nivel general, lo cual toma como base que el alumno aprenda a aprender, aprenda a hacer, aprenda a ser y por consiguiente aprenda a convivir, se vuelve indispensable sentar las bases de la formación de los alumnos (Programas de estudio de Biología del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003). Por tanto, se plantea, en cuanto a la orientación metodológica, el planteamiento y reconocimiento de problemas relacionados con la vida cotidiana y la sociedad como puntos de partida para introducir e interesar al alumno en la resolución de los mismos, a partir de la aplicación de investigación básica y favoreciendo la actividad en el aula a través de sesiones de análisis, discusión, reflexión, y elaboración de proyectos e informes, lo que permitirá un mayor control de su aprendizaje.

Se hace objeto de mención de suma importancia, que innovar y generar formas de enseñanza–aprendizaje, acordes con las necesidades de nuestros estudiantes, desembocará en un mejor aprovechamiento por parte de los alumnos de nivel medio superior en cuanto a las materias relacionadas con el estudio de la ciencia (Orientación y Sentido del Área de Ciencias Experimentales del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2006).

De ahí que los diversos aprendizajes en el Programa de Biología I-IV, planteen:

“se pretende que el alumno vaya integrando la información que reestructura, para que sea capaz de entender los conceptos, los principios y las generalizaciones más importantes de la Biología, que le permitirán la comprensión de la naturaleza de los seres vivos y su funcionamiento. Todo esto a partir de observaciones, experimentos y razonamientos que le lleven a tener una visión integral de la disciplina y a desarrollar una actitud responsable frente a la naturaleza” (Programas de estudio de Biología del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003).

Asimismo, en los Programas de Biología I y II, se plantea que el reconocimiento de que los seres vivos son sistemas complejos cuyos componentes están relacionadas de modo tal que el objeto se comporta como una unidad y no como un mero conjunto de elementos, es lo que llevará al aprendizaje de la biología con una visión integral de la vida. Esto se propiciará al enseñar a los alumnos a visualizar de manera sistémica al mundo vivo, por medio del conocimiento de que los seres vivos son sistemas, e implica, necesariamente, hacer evidente que hay elementos de las explicaciones que se comparten o son válidos en todos los sistemas vivos y que ninguno es más importante que otro, además de numerosas propiedades derivadas de los principios que los unifican – como su origen, unidad, conservación, regulación, reproducción, continuidad, cambio, transformación, interacción y diversidad-, permitirá que los alumnos desarrollen una visión integrada de los mismos (Programas de Estudio de Biología I a IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003).

Así, dentro de los propósitos generales del Programa de Biología I se encuentra que el alumno “examine los procesos de regulación, conservación y reproducción en diferentes niveles de organización”, para ello, en su Enfoque Didáctico, señala que las formas de enseñanza han ido cambiando conforme se modifica la sociedad y sus requerimientos. En la actualidad, el bagaje de conocimientos es tan amplio que no es posible saturar a los alumnos de contenidos conceptuales, por ello, es indispensable dotarlos de habilidades que les permitan tener acceso a la información científica para aprender con autonomía (Programas de Estudio de Biología I a IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003).

Bajo estas circunstancias, el docente debe ser mediador entre el alumno y los contenidos de enseñanza, sin perder de vista que el nivel de profundidad de los mismos se enfatiza en los aprendizajes que se establecen para cada unidad de los programas (*op cit.*).

En el Programa de Estudios de Biología (PEB) del Colegio de Ciencias y Humanidades (2003), en la Segunda Unidad: ¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos? El propósito es que al finalizar la Unidad, el alumno: “explicará los principios básicos de los procesos de regulación conservación y reproducción, a partir de su estudio como un conjunto de reacciones y eventos integrados, para que comprenda cómo funcionan y se perpetúan los sistemas vivos”.

En donde, el tema III: Procesos de reproducción. Mitosis: Fases e importancia; el aprendizaje señala que el alumno: “Describe el ciclo celular con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del mismo, en especial, los procesos de división celular por mitosis y meiosis” (*op cit.*).

En el Programa de Biología I se consideran 80 horas para ser revisado en clase; de las cuales, se establecen 35 horas para la Segunda Unidad, lo que conduce a que el docente determine el tiempo aproximado para revisar un aprendizaje específico (Programas de Estudio de Biología I a IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003). En la presente intervención se estimó el tiempo en tres sesiones divididas en treinta minutos para la aplicación del pre-test, una hora para la intervención docente y treinta minutos para la aplicación del post-test y recoger los comics elaborados por los alumnos; para el aprendizaje: “Describe con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del proceso de división celular por mitosis” en tres horas de manera presencial. En la primera sesión se tomaron treinta minutos para aplicar el pre-test, en la segunda sesión dos horas para la intervención docente y en la tercera sesión treinta minutos para responder el post-test. De trabajo en casa los alumnos dispusieron de un fin de semana para concluir la elaboración de sus comics.

Es aquí donde se visualiza el mayor reto por parte de los docentes, pues es el logro de estos aprendizajes por parte de los alumnos, lo que redundará en su

aprendizaje. El aprendizaje entendido así, como construcción de conocimientos, presume entonces, entender tanto la dimensión del aprendizaje como producto y la dimensión del mismo como proceso, es decir, el camino por el que el alumnado elabora personalmente los conocimientos. De esta manera, al aprender cambia no sólo la cantidad de información que el alumnado tiene de un tema, sino la competencia de éste (aquello que es capaz de hacer, de pensar, de comprender), la calidad del conocimiento que posee y las posibilidades personales de seguir aprendiendo (Mauri, 1999).

Así, el Modelo Educativo del CCH privilegia la educación centrada en el estudiante, no en el docente. Como consecuencia, esto lleva a que el profesor asuma una nueva función en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ésta consiste en dotar al estudiante de las herramientas y estrategias que le permitan aprender. Por ello, el docente requiere actuar como mediador en el proceso de aprender de los alumnos; aportar criterios y diagnosticar situaciones de aprendizaje de cada alumno y del conjunto de la clase, clarificar y ayudar a que los alumnos desarrollen los suyos propios. Interesa además, que el alumno relacione el saber académico con su vida cotidiana proponiendo ambientes educativos en los que el alumno logre aprender por sí mismo (Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades Documento de trabajo, 2013).

En congruencia con el Modelo Educativo, el Orientación y Sentido y del Área de Ciencias Experimentales contribuye a desarrollar el Modelo Educativo estableciendo un bachillerato de cultura básica, reconocimiento del alumno como sujeto de la cultura y de su propia educación, papel del profesor como mediador del proceso de aprendizaje en donde, una de las características del perfil de egreso es que el alumno comprende, interpreta y produce textos verbales de distintos tipos, necesarios para la vida social, para sus estudios actuales y superiores, así como para la inserción en una cultura de nuestro tiempo, a través del ejercicio de habilidades fundamentales de oír, leer, hablar y escribir. Y es aquí donde se inserta esta estrategia, pues la propuesta de que el alumno elabore un

comic, tiene la intención de que desarrolle habilidades para la comprensión de un proceso muy complejo, como lo es la mitosis y que ya se describió en el primer capítulo; pero no exclusivamente eso, si se habla de un bachillerato propedéutico también se buscó aportar elementos que permitieran que el alumno lo lograra sin repetir lo que el docente dijera, proponiendo un ambiente educativo donde se potencializara el proceso de aprender de los alumnos y que logran aprender por sí mismos.

Construcción del conocimiento en situaciones educativas

En la actualidad, se ha venido dando un importante cambio tanto en la sociedad, como en la cultura y en la tecnología, esto a su vez, ha repercutido en la educación; así, la concepción tradicional del aprendizaje basada en la apropiación y reproducción memorística de los conocimientos, sufre un deterioro progresivo, debido al desajuste creciente entre lo que la sociedad pretende que sus ciudadanos aprendan y los procesos que pone en marcha para lograrlo (Pozo, 1999), por ejemplo, en el inicio del CCH, la materia de Cibernética y computación no era parte de los programas de estudio, sin embargo, debido a los cambios que se fueron dando, es imprescindible que los alumnos lleven ésta materia, pues se ha convertido en uno de los elementos básicos para la educación tanto dentro como fuera de aulas, en este caso, sería incomprensible que la materia se impartiera de forma sólo teórica, dando una explicación de las funciones y de los programas para operar una computadora, entonces puede verse claramente, que ésta es una materia totalmente práctica, aunque su fundamento sí requiere de la teoría, lo que conduce a reflexionar sobre el tipo de procedimiento con el que ha de abordarse un aprendizaje específico en las diferentes disciplinas.

En 1999 (Pozo) definía la cultura del aprendizaje, propia de las modernas sociedades, como una educación generalizada y una formación permanente y masiva, con una saturación informativa producida por los nuevos sistemas de producción, comunicación y conservación de la información, y por un conocimiento descentralizado y diversificado. Estimando además que esta sociedad del

aprendizaje continuado, de la explosión informativa y del conocimiento relativo estaba generando demandas de aprendizaje que no podían compararse con las de épocas pasadas, tanto en calidad como en cantidad. Por tanto, sin una nueva mediación instruccional que generara a su vez, nuevas formas de enfocar el aprendizaje, las demandas sociales desbordarían con creces las capacidades y los recursos de la mayor parte de los aprendices, produciendo un efecto paradójico de deterioro del mismo. Es por ello que, con base en los documentos del Modelo Educativo del CCH, del Sentido y Orientación de las áreas, así como en el Programa de Estudios de Biología I-IV del CCH, se plantea que los conocimientos deberán ser seleccionados y jerarquizados, ponderando el desarrollo de habilidades para el logro de aprendizajes donde se privilegie el papel del alumno como centro de la enseñanza-aprendizaje y como actor de su formación, lo que implica que él sea partícipe de su aprendizaje, mediante la realización de actividades que le permitan lograrlo, es así que en esta propuesta, se pretende lograr el aprendizaje a partir de la elaboración de un comic por parte de los alumnos.

Así, los rasgos de esta nueva cultura del aprendizaje hacen que las formas tradicionales del aprendizaje repetitivo sean aun más limitadas que nunca. Previamente se había hecho referencia a que quizá tal vez en un primer momento, el aprendiz recurra a la repetición de conceptos, por lo que en algunos comics, los alumnos repitieron la información del texto que leyeron; sin embargo, si atendemos a una postura de construcción, el aprendizaje, entonces deberá estar dirigido, no tanto a repetir saberes, sin ponerlos siquiera en duda, como a interpretarlos, a comprender y dar sentido a ese conocimiento, por lo que a los alumnos se les dio la libertad de construir sus comics dándole sentido a la información que se les presentó en la lectura. La cultura del aprendizaje da paso entonces a una cultura de la comprensión, de la reflexión sobre lo que hacemos y creemos y no sólo del consumo, mediado y acelerado por la tecnología. Se requiere un esfuerzo para dar sentido o integrar algunos de esos saberes que nos

conforman, de forma que, al repensarlos, podamos reconstruirlos, darles una nueva forma o estructura (Ver Anexo 9).

Aunque sin duda existirían otras alternativas, una manera de estimular esa nueva forma de pensar el aprendizaje, es a partir del constructivismo como perspectiva filosófica y psicológica sobre el conocimiento y sus formas de reestructuración, entendiéndolo, como una alternativa cultural a las formas tradicionales de aprendizaje. Entonces, esta alternativa (elaboración de un comic) se vuelve una estrategia apropiada para que el alumno pueda reestructurar sus conocimientos acerca del proceso que ocurre durante la mitosis.

Tanto en el ámbito educativo (Carretero, 1993, 1996; Coll, 1996; Merrill, 1995; Monereo, 1995; Gallegos y Flores, 2011; Pozo, 2011), como de las teorías del aprendizaje (Claxton, 1984; Pozo, 1989; Stevenson y Palmer, 1994; Carretero, *et al.*, 1997; Carretero 2009), se define en la actualidad la concepción constructivista como la forma más compleja de entender el aprendizaje y la instrucción y la mejor forma de promoverlo. De esta manera, en congruencia con el Modelo Educativo del CCH, el Plan de Estudios y los objetivos del Área de Ciencias Experimentales, el Programa de Estudios de Biología I-IV, en cuanto a su enfoque didáctico, plantea que en los cursos de Biología se parte de la concepción de que el aprendizaje es un proceso de construcción, por lo que es necesario promover en los educandos el pensamiento flexible que les permita percibir que los conocimientos están en un proceso de construcción y reconstrucción permanente.

El doble origen del constructivismo, referido en el capítulo 1, le posibilita de manera amplia para integrar los procesos de aprendizaje con los de la construcción, desarrollo y cambio del conocimiento para ofrecer una propuesta educativa centrada en el estudiante y comprender que los procesos educativos deben estar encaminados a proveer mecanismos para el desarrollo conceptual – cognitivos e intencionales- en los alumnos. Pero además, permite reconocer que

estos procesos se dan de manera compleja, es decir, que el aprendizaje no es un solo acto de apropiación, sino un proceso largo de construcción, de representaciones y de transformación continua de ellas (Flores y Gallegos, 2009).

Como resultado de este enfoque, la perspectiva de lo que debiera ser la enseñanza de la ciencia cambió y de considerar que su deber ser, era buscar formas y procesos didácticos que atendieran a la lógica de los contenidos para hacerlos inteligibles, sencillos, progresivos y proporcionar al alumno las oportunidades para hacer ejercicios que le garantizaran un dominio basado en la habilidad para resolverlos. Con el enfoque centrado en el alumno esas consideraciones cambiaron y, sin pretender describir todas las implicaciones que este cambio produjo en la enseñanza de las ciencias (Coll, 1996), algunas de las más significativas son:

- *La comprensión se enfoca en el significado de los conceptos.*
Por ello, el presente trabajo tiene la intención de promover la comprensión del significado de la mitosis, más que de aprender cuales son las fases de este proceso.

- *Las ideas y conocimientos previos de los alumnos son un referente importante para plantear las acciones de la enseñanza.*
Así, la propuesta requirió la evaluación mediante un pre-test, donde los alumnos pudieron evidenciar las ideas o conocimientos previos que tenían al respecto.

- *La estructura de los contenidos deberá estar orientada por las problemáticas de comprensión que presentan los estudiantes y no sólo para la organización lógica de los contenidos,*
Como ejemplo, en la estrategia propuesta se dio énfasis a responder ¿cuál es importancia biológica de la mitosis? Pues es una de las problemáticas de comprensión que mayormente se han reportado.

- *El aprendizaje se percibe como un proceso de transformación de las ideas previas de los estudiantes.*

De ahí que en esta propuesta manejó una reestructuración del conocimiento de los alumnos, partiendo de sus ideas y conduciéndolos mediante la elaboración de un comic por parte de ellos para que reestructuraran sus ideas iniciales.

- *El profesor se percibe como guía u orientador del proceso de aprendizaje y no como una persona que muestra y otorga el conocimiento.*

En este sentido, y tomando como base el Modelo Educativo del CCH, se realizó la intervención en los grupos como mediador entre el conocimiento y los alumnos, a partir de brindarles la información acerca de lo que se esperaba de ellos y las instrucciones para llevar a cabo la estrategia.

Así, el enfoque constructivista de la educación posibilita la elaboración de múltiples procesos didácticos y metodológicos que se ajusten a la dinámica del aprendizaje de los conocimientos científicos. De esta manera, el comic se ajusta a una dinámica de aprendizaje que posibilita que el alumno no sólo aprenda sobre mitosis, sino también desarrolle otras habilidades, como lo son lectura de comprensión, expresión escrita, representación de sus ideas a partir de los dibujos elaborados.

Por lo tanto, la idea de un ser humano relativamente fácil de moldear y dirigir desde el exterior ha sido progresivamente sustituida por la idea de un ser humano que selecciona, asimila, procesa, interpreta y confiere significaciones. En el campo educativo, este cambio de perspectiva ha contribuido, por una parte, a poner de relieve lo inadecuado de unos métodos de enseñanza esencialmente expositivos que conciben al profesor y al alumno como simples transmisor y

receptor de conocimientos respectivamente; y, por otra, a revitalizar las propuestas pedagógicas que sitúan la actividad autoestructurante del alumno, es decir, en la actividad autoiniciada y sobre todo autodirigida, punto de partida para un verdadero aprendizaje (Coll, 1996).

Dentro de esta postura es posible reconocer tres grandes grupos de habilidades que forman parte del proceso de construcción del pensamiento, estas son (Pozo y Monereo, 2002):

- *habilidades para la construcción del pensamiento. Por ejemplo, las formas de organización de la información, de acciones para la contrastación o la identificación de ideas centrales.*

En este caso, la elaboración de un comic por parte de los alumnos, tuvo la intención de promover que el alumno detectara la información central de la mitosis y la organizara.

- *habilidades para la comunicación. Por ejemplo, formas de representación verbal y escrita en las que se pongan en juego distintas formas de resolución de problemas en grupos de pares.*

El comic resultó un recurso idóneo para promover en el alumno el desarrollo de habilidades de lectoescritura.

- *habilidades de toma de conciencia o reflexión sobre el conocimiento.*

El mismo desarrollo durante la elaboración del comic puede fomentar que el alumno repare en el proceso que está realizando y que esto le sirve para aprender, aunque quizá sea de forma escasa.

El protagonismo atribuido a la actividad del alumno como elemento clave del aprendizaje escolar ha ido a menudo acompañado de una tendencia a considerar el proceso de construcción del conocimiento como un fenómeno fundamentalmente individual, fruto exclusivo de la interacción entre el sujeto y el

objeto de conocimiento y relativamente impermeable a la influencia de otras personas (Coll, 1996). No obstante, actualmente se maneja el apoyo entre pares, para lograr algún tipo de aprendizaje y que de otra forma podría ser muy difícil de generar en los alumnos, por ello, aunque se solicitó que los comics se entregaran de manera individual, se dio la libertad de trabajar en equipo si es que así lo deseaban los alumnos.

Puede considerarse entonces, que el sujeto que aprende, no es meramente pasivo ante el enseñante o el entorno, tal como se concibe en la estrategia aquí probada, pues en este caso se buscó que el alumno fuera activo en su aprendizaje al elaborar su comic, tomando en cuenta que el conocimiento no es un mero producto del ambiente; es, además de las actividades internas del aprendiz, una construcción por interacción, que se va produciendo cada día como resultado de la interacción entre el aprendiz y los estímulos externos, como en este caso, mediante la propuesta donde se recupera, que el alumno reforme sus ideas acerca de la mitosis durante la elaboración del comic, a partir de interactuar con la información y elaborar personalmente una representación de este proceso; Asimismo, tal actividad se propicia mediante el fomento de la autonomía intelectual, la memorización comprensiva, la aplicación de lo comprendido y los procesos de individualización y socialización. (Suárez, 2002).

Además de lo anterior, el alumnado no únicamente aprende contenidos cuya fuente son los saberes disciplinares –conceptos, procedimientos y actitudes ante el conocimiento-, sino que también aprende a controlar y mejorar el propio proceso por el que aprende, la propia actividad en sí. La idea del aprendizaje como copia, no incorpora las características del alumno que aprende y tampoco los procesos por los que aprende (Mauri, 1999). En este punto, se buscó que el alumno se diera cuenta de que hay otras formas mediante las que puede aprender, como lo es la elaboración del comic, pero no solamente fue el hecho de elaborarlo, fue también que manifestara como le había parecido la experiencia y si percibía que esta le había permitido aprender; por lo que el profesor se volvió un

participante activo en el proceso de construcción de conocimientos que tuvo como centro no a la materia, sino al alumno y a la alumna que actúan sobre el contenido que había de aprender. El aprendizaje, así entendido, es por naturaleza una actividad continuamente perfeccionable (Mauri, 1999).

“Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos, no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. Los instrumentos con los que realiza dicha construcción son fundamentalmente los esquemas que ya posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea. Dicho proceso de construcción entonces depende de dos aspectos:

- De los conocimientos previos o representación que se tenga de la nueva información o de la actividad o tarea a resolver.
- De la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto” (Carretero, 1993).

Una estrategia, si bien, no es la única que permite adaptar mejor la enseñanza a los estudiantes, consiste en tener en cuenta sus ideas previas, esta adaptación puede darse de diversos modos.

- Elección de los modelos que se enseñarán.- En ciertos esquemas de enseñanza utilizados, algunos conceptos se consideran obvios, y se dan por sabidos al planificar el curso. Sin embargo, el estudio de las ideas de los alumnos, sugiere que incluso nociones aparentemente tan sencillas, pueden no ser captadas por los estudiantes. La incomprensión de estas ideas fundamentales puede, en tal caso, llevar a posteriores y más serios problemas de aprendizaje.

- Elección de problemas de aprendizaje.- Si conocemos las ideas previas de los estudiantes, podemos abordarlas de modo directo mediante experiencias que entren en conflicto con las expectativas, de manera que les obliguen a reconsiderarlas. No obstante, no es suficiente ponerlas en tela de juicio, para promover tal cambio; se deben presentar otras alternativas, y ha de buscarse que sean consideradas por los estudiantes no sólo como necesarias, sino como razonables y plausibles.

Por ello, en este trabajo se detectaron los conocimientos previos, pues esto, permitió escoger actividades de aprendizaje que pudieron ser interpretadas más explícitamente por los estudiantes en el sentido que se pretendía (Driver, Guesne y Tiberghiem, 1999).

CAPÍTULO 3. LA PROBLEMÁTICA PARA ABORDAR EL TEMA MITOSIS EN EL AULA

Problema

Se han encontrado obstáculos en el aprendizaje de los temas científicos⁵, que como consecuencia, pueden generar un alto índice de reprobación (Campanario, 2000; Saka, 2006; Ávila, 2011; Íñiguez, 2013), siendo un hecho que no sorprende a los profesores de ciencias, pero además tampoco genera asombro en otros ámbitos de la sociedad, por considerar como algo común en las escuelas el hecho de que aprender ciencia es difícil, pues además, se supone que es algo “normal”; así, algunos obstáculos de aprendizaje se encuentran en los alumnos, otros en los profesores y, seguramente, otra parte esté en el contexto escolar y en la propia sociedad.

Cory en 2007 describió como se generan estereotipos acerca de la ciencia y los científicos, encontrando coincidencias en que las ideas en torno a conceptos científicos como reproducción celular, específicamente mitosis⁶, surgen de manera similar en diferentes países como Canadá, India, Inglaterra, España, Francia, entre otros.

También se ha realizado investigación educativa acerca de los malentendidos de los estudiantes considerando conceptos de genética y diversidad establecidos a partir de las ideas de las personas sobre la herencia genética (Wood-Robinson *et. al.* 1998; Banet y Ayuso, 2000; Lewis *et. al.*, 2000a y b; Rodríguez, 2000; Saka *et al.*, 2006; Santos, 2006; Infante-Malaquías, 2010;

⁵ Nota tomada del curso “Elementos Didácticos de la Biología” por la Profesora Luz María de Guadalupe González Álvarez, 2012.

⁶ La definición de mitosis es la división del núcleo de una célula eucariota. El primer y principal requerimiento universal para que pueda llevarse a cabo la división celular por mitosis para que se produzcan un par de células hijas genéticamente idénticas, es que el DNA se replique exactamente igual y que los cromosomas replicados se segreguen en dos células distintas, las cuales tendrán que separarse (Alberts, 2012).

Íñiguez, 2013). Estos estudios estuvieron enfocados en la descripción de las ideas diarias de herencia y reproducción celular y, en las dificultades de los estudiantes para comprender conceptos tales como genes, alelos, cromosomas, DNA y procesos de división celular.

En una época de grandes innovaciones y cambios en los ámbitos de la ciencia, la cultura y la dinámica social, es necesaria la concertación de acciones, la reflexión entre los grupos de maestros y la toma de decisiones académicas para renovar la estructura curricular y, de este modo, ofrecer a los alumnos de bachillerato un espacio donde puedan reestructurar los conocimientos, que les permitan integrarse a la sociedad de manera consciente e informada (Diagnóstico Institucional para la Revisión Curricular del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2011). Por ello, construir nuevas propuestas sobre el aprendizaje de las ciencias y los procesos didácticos, implica contar con una base epistemológica sólida que dé cuenta de las consideraciones actuales de la construcción conceptual de los alumnos con elementos cognitivos que apoyen los procesos de aprendizaje para la ciencia y la conformación de un entorno de formas didácticas que lleven a establecer un espacio para la creatividad, la reflexión y la construcción del conocimiento (Flores, 2009).

En las últimas décadas del siglo pasado se ha venido dando un cambio en la perspectiva que se tiene de la ciencia, llegando a asumir que la ciencia no es sólo lenguaje, que no se reduce a un conjunto de enunciados. Es principalmente acción humana y social, como lo refirió Tomas Kuhn (Marcos, 2010). Esto no quiere decir que carezca de aspectos lingüísticos, entre otras cosas, porque es la base misma de la acción humana. Es precisamente este cambio, el que brinda nuevas perspectivas, como lo es la comunicación y divulgación científica, la enseñanza de la ciencia y por ende, su abordaje en el aula, en donde, el predominio de una visión que implique este carácter de acción humana definirá el rumbo a seguir en la práctica y ejecución de la docencia.

Las causas de los obstáculos de aprendizaje probablemente sean múltiples y resulte complicado abordarlas como un todo, aunque, Campanario (2000) planteó que tienen un denominador común: lo que los alumnos saben (ideas previas), y lo que saben hacer (estrategias de razonamiento y habilidades procedimentales).

En el caso de la Biología, específicamente el área de la genética está en relación directa con la herencia biológica y la división celular; autores como Íñiguez (2013) consideran que son dos los obstáculos fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de ésta: aquello que el alumno ya sabe cuando llega al aula y el modelo tradicional de enseñanza de estos temas.

En esta tesis se abordó la división celular por mitosis, y de acuerdo con Campanario (2000); Ayuso y Banet (2002); Aznar (2006); Infante-Malachias (2010) e Íñiguez (2013), podría considerarse, que entre otros, los elementos mencionados en párrafos anteriores, conforman un obstáculo importante en contra del trabajo del profesor de ciencias y dificultan enormemente el aprendizaje del tema por parte de los alumnos.

Este trabajo toma en cuenta además, evidencias de que en el caso de algunos profesores, se busca la “transmisión” tradicional de los mismos de manera muy descriptiva, el conocimiento es teórico y definitivo, sin mostrar evidencia de cambio en el mismo (secuencia lógica desde el punto de vista de la disciplina), ligado a que no se tiene en cuenta la implicación personal del alumno en la tarea, el tipo de tarea y su utilidad, la posibilidad de que el alumno controle y evalúe su propio conocimiento y la satisfacción personal de resolver una situación (Martínez, 2006). Por lo que se propone abordar ésta temática desde una postura donde el alumno pueda reestructurar sus ideas y se implique directamente en su propio aprendizaje, como lo es, la elaboración de un comic.

Aunado a esto, si a la propia dificultad del conocimiento científico le añadimos que la ciencia escolar muchas veces se reduce a una descripción de eventos sin relevancia en la vida diaria del alumno, nos encontramos con una situación que favorece la falta de motivación en los estudiantes. No obstante, en la biología se tiene la ventaja de que muchos conocimientos son cercanos al alumno (enfermedad, alimentación, etc.) (Aznar, 2006). Por ello, en esta propuesta, dentro de las preguntas de los test se plantea una situación de la vida cotidiana, con la intención de que los alumnos relacionen la mitosis con su vida diaria.

Aprendizaje de la división celular por mitosis

En 1989, Gipson planteó que la introducción de temas de genética en el currículo de nivel medio superior puso de manifiesto la diversidad de opiniones existente sobre si era apropiado enseñar los temas de herencia a estudiantes de 16 años o menos.

En 1992, Jiménez indicaba la posible existencia de una estrecha conexión entre los conocimientos de genética y las dificultades en el aprendizaje de la evolución.

Argumentos a favor señalaban que, en Gran Bretaña, por ejemplo, antes de 1960, los temas de genética no estaban incluidos en los programas para menores de 16 años. Pero los proyectos curriculares británicos de los sesenta comenzaron a tratar herencia y evolución como conceptos centrales para la comprensión de la Biología, y por lo tanto, como parte de la educación general antes de los 16, llegando a aparecer en el proyecto para los niveles de 5 a 13 años. De forma semejante se incluyeron estos temas en nuevos cursos de otros países, como es el caso de Estados Unidos (Bugallo, 1995).

Perales, en el 2000, argumentaba que los estudiantes de estos niveles educativos no comprenden adecuadamente éstos contenidos de enseñanza, pero,

los conocimientos de los estudiantes son punto de partida para el aprendizaje, siendo uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza de las ciencias que los estudiantes “aprendan”, proceso que supone el establecimiento de relaciones entre los conocimientos que éstos poseen y la nueva información. Esta manera de aprender tendría lugar mediante un proceso de construcción de nuevos significados, como consecuencia de la interacción entre lo que los estudiantes ya saben y los contenidos de enseñanza.

En el 2002, en opinión de Banet, el interés educativo para dotar a los estudiantes de un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias contribuiría a que éstos comprendieran mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes, como la división celular, o la reproducción de los seres vivos. Consideraba, teniendo en cuenta resultados de sus trabajos anteriores (Banet y Ayuso, 1995, 2000), que antes de abordar aspectos más complejos relacionados con la herencia biológica, es necesario que los estudiantes comprendan algunas características básicas de los seres vivos, como su estructura celular o su reproducción; es decir, además de identificar como seres vivos los principales grupos de organismos, los estudiantes deben conocer que éstos se encuentran formados por células (en las que se localizan los cromosomas), que tienen reproducción; aspectos que –aunque hubieran abordado en lecciones o cursos anteriores- no suelen estar muy claros entre los alumnos y alumnas de estas edades y que sin duda, constituyen requisitos previos para comprender las circunstancias más elementales relacionadas con la localización y transmisión de la herencia biológica, en particular, cuando se utilizan como ejemplo de seres vivos las plantas o ciertos grupos de animales. Creyeron necesario intentar vincular estos contenidos, en la medida de lo posible, con otros de carácter más general y próximos a sus experiencias, buscando que los estudiantes conozcan que todos los seres vivos tienen células, cromosomas e información hereditaria.

En el 2010, Infante-Malachias publicó que en 2004, se llevó a cabo un intenso debate en el Congreso Nacional de Brasil realizado en Río de Janeiro organizado por la Comisión de Genética Humana de Londres, Universidad de Kingston, donde se abordaron diferentes aspectos de la tecnología genética y sus consecuencias éticas, lo que condujo a una profunda reflexión acerca de la transformación de nuestro entendimiento del concepto de vida y sus proyecciones, lo que implicó un giro en la forma de abordar los contenidos en el aula, pues aunque se manejen conceptos de manera cotidiana sobre biotecnología, genética o reproducción celular desde muy tempranas edades se han encontrado similitudes de éstas ideas en países con diferentes culturas y geográficamente alejados, lo que evidencia errores en su comprensión (Infante-Malachias, 2010).

Luego de que se diera a conocer el genoma humano en el año 2000, la genética llegó a ser sujeto presente en nuestro diario vivir, constantemente se ven en todos los medios de comunicación e incluso en charlas de personas que no asisten a la escuela el manejo de cuestiones sobre clonación, organismos genéticamente modificado y el uso de células madre para regeneración celular, combatir el envejecimiento y incluso curar el cáncer, por ejemplo (*op cit.*).

La aparente contradicción entre la importancia del tema y su dificultad ha derivado en una controversia que ha llegado hasta la actualidad (Íñiguez, 2013).

Posiblemente, esta controversia está relacionada con las dos tradiciones que han dominado la investigación sobre su aprendizaje desde hace ya, más de dos décadas (Bugallo, 1995).

En primer lugar, en la base de los argumentos contra el mantenimiento de la genética en el currículo, se encuentran las investigaciones de algunos analistas piagetanos sobre las demandas cognitivas para la resolución de los problemas de esta materia. Especialistas como (Lawson, 1983; Mitchel y Lawson, 1988; Ayuso y Banet, 2002) han argumentado que el estadio de desarrollo cognitivo de un estudiante puede utilizarse para explicar su éxito o su fracaso en un contenido

particular. Han calificado el contenido de esta disciplina como “hipotético” y tales conceptos necesariamente formales son difíciles de comprender por los estudiantes que se encuentran en el estadio de operaciones concretas (Bugallo, 1995; Ayuso y Banet, 2002).

Según Walker y colaboradores (1980) la permanencia en el nivel de pensamiento operacional concreto es debida a la falta de experiencias que refuercen el razonamiento desde el punto de vista formal. Por lo tanto, consideran necesario

“desarrollar estrategias didácticas que promuevan el desarrollo cognitivo de los estudiantes de cara a las formas de pensamiento de operaciones formales. Proponen una secuencia didáctica diseñada para mejorar la capacidad de los estudiantes a la hora de aplicar tales modelos de pensamiento a problemas de genética mendeliana”, (Walker, *et al.*, 1980)

lo cual, en este trabajo, conserva la misma apreciación para el tema de mitosis.

En la misma línea, Hackling y Treagust (1984) afirmaban que era posible el mantenimiento de la genética en el currículo para menores de 16 años si se modificaban los materiales curriculares. Aunque estaban de acuerdo en que los estudiantes de 15 años están limitados al pensamiento operacional concreto y reafirman la naturaleza abstracta de los conceptos implicados, ambos autores, opinaban que los estudiantes son capaces de comprender el fenómeno de la herencia cuando se desarrolla desde experiencias concretas y familiares, y cuando los profesores ilustran las características no perceptibles de estos conceptos. En este trabajo se asume esta postura para la enseñanza del tema mitosis y en favor de ésta, Rodríguez (2000) replantea como problema de enseñanza en el marco de análisis cognitivo, el funcionamiento de la célula; donde la división celular por mitosis es uno de los procesos más complejos en su comprensión; así, a partir del análisis de Smith (1991), se observan cuatro niveles en la comprensión de los estudiantes:

- Total ausencia de comprensión del proceso.
- Memorización de los nombres de las fases sin comprensión de los eventos que ocurren en ellas.
- Conocimiento de que el número de cromosomas se mantiene en mitosis y se reduce en meiosis, pero ignorancia de cómo se produce eso.
- Se observan errores y confusión con conceptos tales como genes/alelos, cromosomas/cromátida, haploide/diploide, cromosomas homólogos/cromosomas hermanos.

Mondelo Alonso (1998), (citado en Rodríguez-Palmero, 2000) constató la dificultad del alumnado en la conceptualización de la uniformidad de estructura y función de los seres vivos al realizar un estudio con alumnos de licenciatura, en donde, dentro de los resultados obtenidos confirmó la dificultad de los alumnos de reconocer la célula como unidad de vida. Del mismo modo, la diferencia de trato de rasgos fisiológicos con respecto a características estructurales manifiesta ausencia de relaciones estructura/función y puntualizan que falta toda referencia a movimiento celular, así como la división mitótica o a la formación de gametos; también suponen que las dificultades en el nivel celular son debidas no a la falta de conocimiento sino a la dificultad para aplicarlo en contextos no académicos, pues el uso de aspectos perceptibles y macroscópicos denota pensamiento cotidiano y los alumnos basan sus observaciones y experiencias fundamentalmente en aspectos macroscópicos y perceptibles, así, los estudiantes consultados no usan los criterios universales (célula, DNA) característicos del concepto ser vivo. Una visión microscópica de las características vitales constituye un obstáculo epistemológico difícil de superar para cuya superación es imprescindible una comprensión de la célula como unidad de la vida y de sus estructuras y funciones como lo es la división celular por mitosis.

Considerando las ideas de los alumnos, se han puesto de manifiesto tres circunstancias importantes en relación con las concepciones de los estudiantes: en primer lugar, estas nociones pueden ser interpretadas y descritas en términos de esquemas conceptuales, es decir, de estructuras mentales, relativamente

coherentes, que explicarían cómo relacionan sus ideas sobre la herencia biológica así como de la reproducción celular. Además, estos esquemas se articulan según diferentes grados de complejidad. Por último, muchas de estas concepciones, alternativas al conocimiento escolar deseable, persisten al finalizar el bachillerato (Ayuso y Banet, 2002).

Por estas razones, la enseñanza de la mitosis en la Educación Media Superior requiere un replanteamiento didáctico que tenga en cuenta las concepciones de los alumnos y abandone el modelo de transmisión de conocimientos ya elaborados como estrategia en el aula, pues se necesita que el alumnado sea consciente de las concepciones que tiene sobre el proceso de la división celular por mitosis, así como de la importancia de este proceso y ha de ser protagonista en el proceso de enseñanza-aprendizaje, recibiendo en el aula estrategias didácticas que le permitan construir conocimientos (Iñiguez, 2005).

Aunado a esto, con base en la cultura básica los alumnos requieren formar parte de una población capaz de desarrollar un sentido crítico sobre la división celular y sus implicaciones en la vida cotidiana, lo que a su vez puede incidir en el desarrollo de ciertas capacidades intelectuales y hábitos de trabajo que caracterizan la comprensión. También puede contribuir a que los estudiantes perciban el conocimiento científico, como producto en continua revisión, del trabajo colectivo de una comunidad de investigadores (Ayuso y Banet, 2002). Teniendo en cuenta la gran importancia que tiene en la sociedad actual la biotecnología y las aplicaciones de la genética, la herencia y la división celular que le permita aplicar sus conocimientos en la interpretación y valoración de los avances de dicha ciencia (Íñiguez, 2005).

Asimismo, dotar a los estudiantes de un marco conceptual elemental sobre la localización, la transmisión y los cambios de las características hereditarias contribuirá a que éstos aprendan mejor el significado de ciertos fenómenos biológicos importantes, como la división celular, o la reproducción de los seres vivos. Además, este conocimiento debe permitir que, en una sociedad informada, los ciudadanos comprendan, a un nivel básico, los avances de la investigación en

este ámbito de estudio y se interesen por sus repercusiones tecnológicas y sociales (Campanario, 2012).

El tema Mitosis como se ha mencionado, es de difícil comprensión en el nivel bachillerato por la misma naturaleza abstracta del tema, en la mayoría de los casos, los alumnos memorizan sólo las fases de la mitosis, pero no comprenden la importancia de la conservación de la información genética y cómo es que ésta pasa de célula a célula en sus propios cuerpos, por lo que tampoco logran asociar este aprendizaje con su vida cotidiana y alcanzar un aprendizaje sobre este proceso (Wood-Robinson, 1998).

Por otra parte, se sabe que los puntos de vista de los profesores sobre la enseñanza y el aprendizaje son quizá uno de los obstáculos más importantes que hay que superar para conseguir un cambio en sus métodos de enseñanza (Pacheco, 2013), por ejemplo, se pueden recordar las clases en la licenciatura, en donde se impartían clases expositivas y en los exámenes se hacían preguntas esperando una respuesta exacta de lo que había expuesto el profesor, en muchas ocasiones sin comprender y cuestionar lo que se estaba escribiendo. Campanario, en el 2003, expuso que la arraigada creencia de que cualquiera que tenga un título de licenciado (o doctor) está técnicamente cualificado para dar clase, porque está legalmente reconocido para ello, es difícil de combatir, sin suscitar airadas reacciones. El *“cualquiera sirve”* que subyace tras esta concepción, está estrechamente relacionado con el *“no se necesita saber más que el conocimiento que el título universitario proporciona”*, que acaba siendo la argumentación más común que escuchamos cuando se plantea la necesidad de una formación adicional psicopedagógica en el profesorado universitario (Campanario, 2002).

Justificación de la estrategia

El planteamiento y la planeación de esta propuesta estuvo basada en una idea sobre la influencia del comic en el aprendizaje del proceso Inmunológico,

durante las clases en el Laboratorio de Inmunología en el Laboratorio de Morfofisiología de la carrera de Biología en la FES Iztacala, de la UNAM. Durante algunas sesiones, un alumno llevó un comic donde se exponía de manera amena, atractiva y novedosa la forma en que actuaba el Complejo Mayor de Histocompatibilidad (CMH); cada personaje del comic representaba alguna molécula, alguna célula e incluso, la narración del contexto en que actuaba el sistema inmunológico ante algún “agente extraño”.

Desgraciadamente, al comic le habían arrancado la portada y dos de las páginas de inicio, razón por la que no se tuvo la referencia, además se comentaba que también existía un ejemplar de genética molecular en inglés, pero no se pudo conseguir.

Este hecho, además de lo expuesto en el marco teórico, fundamentó la presente propuesta: que en lugar de que el alumno fuera un lector, convendría que el alumno elaborara un comic, en el caso de este trabajo, sobre el tema Mitosis, lo cual, se consideró desembocaría en una mejor comprensión del tema por parte del alumno.

Objetivo general

- Lograr la comprensión del tema Mitosis por parte del alumno, a partir de la elaboración de un comic, como estrategia de enseñanza-aprendizaje.

Objetivos particulares

- Evaluar la pertinencia de la elaboración de un comic por parte de los alumnos para lograr la comprensión de dicho proceso.
- Evaluar el alcance de la estrategia en la reestructuración de las ideas de los alumnos en cuanto a la importancia biológica y relación con su vida cotidiana.
- Estimular la creatividad en el alumno mediante el desarrollo de la expresión escrita y de imágenes.

- Promover la integración de la información escrita y la imagen.

Hipótesis:

Mediante la aplicación de la propuesta (elaboración del comic) se alcanzará la comprensión del tema mitosis.

Tabla I. Campos involucrados e interrelacionados en la problemática de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, particularmente en el nivel medio superior.

Pedagógico	Psicológico	Disciplinario
<p>“Enseñanza enciclopédica”</p> <p>Excesiva carga de contenidos del Programa de Biología I</p> <p>Enseñanza-aprendizaje sin relación con la vida cotidiana del alumno (Ayuso y Banet, 2002).</p> <p>“Las concepciones que manejan los alumnos” (Campanario, 2000).</p>	<p>“Los alumnos se encuentran aún (en su mayoría) en el pensamiento concreto” (Bugallo, 1995).</p> <p>Diversos intereses prioritarios de los alumnos</p>	<p>“Manejo de conceptos que no dominan los alumnos” (Ayuso y Banet, 2002).</p> <p>“Naturaleza abstracta del tema, lo que dificulta una mejor comprensión”. (Bugallo, 1995).</p>

CAPÍTULO 4. MÉTODO

Aplicación de la estrategia

El método con el cual se trabajó, se estructuró a partir de la revisión de los documentos que sustentan el Modelo Educativo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM (Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades, 1971), Orientación y Sentido de las Áreas del Colegio de Ciencias y Humanidades (Orientación y Sentido de las Áreas, 2006) y el Programa de Estudios de Biología del Colegio de Ciencias y Humanidades (Programa de Estudios de Biología I, II, III y IV, 2003).

En este último se plantea un enfoque didáctico a partir del uso de estrategias a utilizar en el aula y se caracterizan por: *Identificar los conocimientos previos de los alumnos para relacionarlos con lo que se va a aprender* (Programas de estudio para las asignaturas: Biología I, II, III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003) por lo que se aplicó el pre-test (Anexo 4). Organizar y planificar actividades referidas a problemas que despierten el interés de los alumnos por lo que van a aprender y acordes con su etapa de desarrollo (Programas de estudio para las asignaturas: Biología I, II, III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003), lo que se buscó cumplir con la elaboración del comic.

Promover la participación individual y colectiva, para que el alumno reformule y asimile la nueva información, comparta sus percepciones e intercambie información (Perfil de egreso en Orientación y Sentido de las Áreas, 2006), por ello, durante la intervención docente se solicitó a los alumnos que participaran en la lectura en voz alta del texto presentado al grupo (Anexo 2) y posteriormente se realizó la descripción de las imágenes mediante las aportaciones del grupo, así como se permitió el compartir sus ideas al momento de hacer los esbozos de sus comics.

En el Programa de Estudios de Biología (PEB) se propone que las estrategias sean encaminadas a formar alumnos creativos y capaces de generar sus propias estrategias de razonamiento y aprendizaje (Programas de estudio para las asignaturas: Biología I, II, III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003), lo que se buscó cumplir a partir de la realización del comic por parte del mismo alumno. Siendo lo importante motivar a los alumnos para que pongan en juego sus aprendizajes y así, avancen en sus explicaciones, a partir de una experiencia cercana a la vida cotidiana (Programas de estudio para las asignaturas: Biología I, II, III y IV del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2003), por lo que en los cuestionarios se planteó el caso de Dany (Anexos 3, 4 y 5).

Se trabajó con 56 alumnos, 39 mujeres y 17 hombres, de la materia de Biología I, correspondiente al 3^{er} semestre del CCH, en el plantel Vallejo, con edades de entre 16 y 19 años de edad; en cinco grupos tanto del turno matutino como vespertino: uno como grupo piloto, tres para la intervención y otro como grupo control. Los grupos con los que se trabajó fueron elegidos al azar, de acuerdo al listado de profesores del área de Ciencias Experimentales en la materia de Biología, condicionado a si aceptaba o no el profesor al frente del grupo la intervención en su clase.

En el grupo control sólo se aplicaron el pre-test y el post-test, no se realizó intervención didáctica como en los grupos de intervención ni se solicitó que realizaran el comic, permitiendo que fuera su profesor de clase quien abordara este tema con el grupo.

Cabe resaltar que previo a este curso de Biología, los alumnos cursaron la materia en primer año de secundaria, lo que implica un alejamiento de tres años a estos contenidos.

Las horas correspondientes para la materia de Biología I, de acuerdo a los Planes y Programa de Estudios del CCH, 2006; son cinco horas a la semana, repartidas en dos sesiones de dos horas de entre los días lunes y jueves y los viernes una sesión de una hora.

Para éste trabajo se ponderaron (Material del curso: “*Los análisis cualitativos y cuantitativos aplicados a un examen de selección múltiple, 2006*”) tres horas para la intervención docente, donde se dedicaron tres sesiones de manera presencial y, dado que el ritmo de aprendizaje de cada alumno es diferente se dispuso de un fin de semana para que cada alumno concluyera su trabajo en casa.

En la primera sesión, se aplicó el pre-test (Anexo 4) durante treinta minutos, que fue el tiempo aproximado que los alumnos tardaron en contestarlo, aunque hubo quien no contestó casi nada pues argumentaban que no sabían de ese tema, en la segunda sesión (la cual fue de dos horas) se realizó la actuación docente, con un tiempo total de explicación del tema de 1 hora 30 minutos con participaciones de los alumnos y en los treinta minutos restantes de la sesión se brindó apoyo y se resolvieron dudas acerca de cómo elaborar sus comics; en la tercera sesión, se aplicó el pos-test durante 30 minutos, y se recogieron los comics.

La forma en que se realizó este trabajo inicialmente, fue a partir de la búsqueda de información sobre las características del comic y cómo se elabora, para poder instruir posteriormente a los alumnos en este procedimiento.

Lo siguiente, fue buscar y seleccionar las fuentes de información para elaborar el texto: “¿De qué manera se conserva la información genética en las células?”, a usar con los alumnos. En este caso, se hizo una modificación a partir de la consulta de los siguientes autores: Starr y Taggart (2005) *Biología. La unidad y diversidad de la vida*, complementándose con información de Campbell, Neil A. *et al.* (2001) *Biología. Conceptos y relaciones*; e imágenes tomadas de Audesirck (2008) *La vida en la Tierra* y de Nathan (2011) *Génétique & Santé – 1éreS* (Anexo 2). De entre los cuales el libro “*La vida en la Tierra*” de Audesirck es parte de la literatura recomendada en el Programa de Estudios de Biología 1, segunda unidad y los libros de Campbell y Starr y Taggart son de consulta frecuente en el área de Ciencias Experimentales del CCH Vallejo .

Paralelamente, con base en los objetivos se formularon los reactivos para conformar el test; (Anexo 3) los cuales consistieron en reactivos de opción múltiple, preguntas abiertas y para ordenar las fases de la mitosis.

Se trabajó con un grupo piloto, del turno vespertino, de 18 estudiantes hombres como mujeres. En una primera sesión se aplicó el pre-test, se explicó a los alumnos el objetivo de esta actividad por lo que se les solicitaba que contestaran de manera veraz, asimismo que no influiría en sus calificaciones. El tiempo que se dio para esta actividad fue abierto pues se buscaba cuantificar el tiempo que les tomaba a los alumnos responderlo, lo que se estimó en aproximadamente treinta minutos; a partir de los resultados obtenidos de ésta prueba, se reestructuraron las preguntas del test definitivo (Anexo 4) el cual, fue aplicado en los grupos de intervención y control.

En la segunda sesión, se trabajó con los alumnos realizando una intervención con apoyo de material visual, donde se mostraban imágenes de la mitosis (Anexo 6) y el texto mencionado anteriormente: “¿De qué manera se conserva la información genética en las células?” (Anexo 2) impreso en hojas de papel.

Se les solicitó a los estudiantes que de manera grupal y bajo la dirección del docente realizaran una descripción oral de las imágenes que se les presentaron en el material visual y una vez que se hubieran comentado, anotaran en sus cuadernos sus descripciones, esta actividad la realizaron durante treinta minutos. Los alumnos fueron muy participativos y en sus intervenciones comenzaron a resaltar las dudas que les generaron algunos cuestionamientos del pre-test, además fueron surgiendo en sus comentarios conceptos que no recordaban y que al ir realizando las descripciones, condujeron a que se acordaran de temas vistos anteriormente y que les permitió integrar esa información con la que se les estaba presentando en ese momento.

Con la lectura también se trabajó de manera grupal durante veinte minutos, solicitando a los alumnos que primero expresaran sus ideas acerca de lo

que entendían que les refería el título del texto; en un segundo momento, se invitó a diferentes alumnos a que leyeran el texto en voz alta mientras el resto del grupo seguía la lectura de manera individual en sus hojas; también se les pidió que marcaran las palabras nuevas que fueran encontrando en el texto o de las cuales no supieran su significado.

Una vez terminada la lectura se les cuestionó a los alumnos sobre los aspectos relevantes del tema para destacar las dudas que pudieran tener y se invitó a colaborar a todo el grupo en la resolución de ellas. Participando de manera muy entusiasta se resolvieron las dudas y esto permitió que fueran evidenciando los aspectos relevantes del tema; esto llevó aproximadamente treinta minutos;

Como parte de la realización del comic, durante diez minutos se les indicó mediante una presentación, la forma en que se elabora un comic, describiendo las partes que lo conforman, en éste punto, desde el piloteo se observó que los alumnos tienen conocimiento acerca de las características que componen un comic, pues en sus clases de Taller de Lectura y Redacción abordan este tema; la respuesta que tuvieron los alumnos ante esta actividad fue de interés pues les resultó diferente y novedosa la forma de trabajo.

Finalmente se les pidió a los alumnos que comenzarán a elaborar un esbozo de lo que serían sus comics, en el piloteo se les invitó a trabajar ya fuera de forma individual o en equipo, decidiendo sólo dos equipos trabajar de ésta forma y los demás alumnos del grupo lo hicieron de forma individual; mientras que en los grupos de intervención los alumnos optaron por trabajar individualmente. Ésta actividad llevó aproximadamente veinte minutos; la culminación de éste trabajo (elaboración del comic) la realizaron los alumnos de tarea.

Una observación importante durante el tiempo en que los alumnos elaboraban sus comics, es que retomaron ideas a partir de las preguntas del pre-test, por lo que se consideró que los alumnos conservaron cierta memoria de éstos cuestionamientos, razón por la cual se modificó un poco la estructura de las preguntas de opción múltiple del post-test, el cual conserva la misma base. En

este caso, autores como Baddeley (2007) han realizado trabajos donde han encontrado la existencia de almacenes de memoria a corto plazo, en pruebas de respuestas de palabras cortas, demostrando que la gente mantiene recuerdos de elementos que recientemente había visto, lo que también podría aportar un beneficio académicamente, al momento de retomar ciertas ideas para reafirmar conocimientos en los alumnos.

En cuanto a las preguntas abiertas, se conservó el formato original pues, aquí, no se dieron opciones de respuesta, lo que se buscó, es que el alumno diera la respuesta por sí mismo.

En la tercera sesión, se aplicó el post-test, el tiempo que llevó esta actividad fue de 30 minutos; también se recogieron los comics elaborados por los alumnos para su posterior revisión, en este momento mostraron expectación por conocer los resultados de sus comics, y cuestionaban de manera curiosa que evaluación tendrían en una revisión a simple vista, a lo que se les respondió que como primera impresión, los trabajos se veían muy bien, pero que hacía falta la evaluación a partir de la rúbrica señalada previamente al trabajo.

Elaboración del test

En la elaboración de los reactivos del test se consideró la parte correspondiente a mitosis, del aprendizaje declarativo planteado en el Programa de Estudios de Biología I del Colegio de Ciencias y Humanidades: “Describe el ciclo celular con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del mismo, en especial, los procesos de división celular por mitosis y meiosis”, por lo que se espera que al finalizar esta intervención, el alumno describa los hechos básicos que tienen lugar durante el proceso de división celular por mitosis.

En cuanto al propósito de la unidad: el alumno explicará los principios básicos de los procesos de regulación, conservación y reproducción, a partir de su estudio como un conjunto de reacciones y eventos integrados, para que

comprenda cómo funcionan y se perpetúan los sistemas vivos. Por lo que, de acuerdo a la taxonomía de Bloom⁷, para llegar al nivel de explicación se requiere del nivel de comprensión, en este caso, comprender el proceso que ocurre durante la mitosis, por consiguiente, es conveniente que los alumnos realicen una actividad, como lo es en ésta propuesta, el comic, que les permita llegar a este nivel.

De acuerdo a la bibliografía revisada, se han encontrado puntos en común respecto de las ideas que tienen los alumnos acerca del proceso que tienen las células durante la mitosis, y que son puntos clave en la comprensión del mismo. Como lo son: como primer nivel de aproximación para aprender sobre reproducción celular, que los estudiantes conozcan que todos los seres vivos tienen células, cromosomas e información hereditaria (Ayuso y Banet, 2002).

Pues situar la información hereditaria en los cromosomas es un requisito necesario para que los estudiantes comprendan la herencia biológica que llevan las distintas células de un organismo; pero también lo es, comprender el significado de los procesos de división celular como mecanismos de transmisión de esta información. La mitosis como proceso mediante el cual se generan todas las células de un organismo a partir de una inicial (cigoto), valorando, específicamente, la transmisión de información hereditaria idéntica de célula a célula, circunstancia que permitirá entender la constancia cromosómica y la uniformidad, en cuanto a contenido hereditario de las células de un individuo (Ayuso y Banet, 2002).

En este caso, en la preguntas uno y cinco del pre-test y sus respectivas uno y tres del post-test⁸, el nivel de acuerdo a la taxonomía de Bloom implica un nivel de conocimiento, pues se tuvo la intención de determinar, si el alumno identificaba el concepto científico de mitosis y en la pregunta cuatro del pre-test y dos del post-test se tuvo la finalidad de evidenciar si el alumno distinguía el nombre que recibe

⁷ Bloom propuso que nuestro pensamiento se puede dividir en seis niveles de complejidad creciente, siendo el nivel inferior el recordar hechos y la evaluación en el nivel superior (Kennedy, 2007). Los niveles son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.

⁸ Como se mencionó previamente, se conserva el mismo contenido en el post-test, aunque se modificó el formato y orden de algunas preguntas.

un cromosoma que se encuentra en estado duplicado, puesto que se ha encontrado que la representación más utilizada en libros, revistas y medios de comunicación es ésta, lo que influye en la idea que tienen los alumnos acerca de la conformación que tienen los cromosomas cuando no están duplicándose y correspondería a un nivel de conocimiento.

Los reactivos número dos del pre-test y cuatro del post-test; y tres del pre-test y cinco del post-test tendrían un nivel de comprensión de acuerdo a la taxonomía de Bloom; pues en la pregunta número dos se cuestionó a los alumnos para indagar si distinguen que los cromosomas duplican su información antes de que ocurra la mitosis, pues se considera que este conocimiento es importante para que el alumno comprenda, que de ésta duplicación, depende que cada nuevo núcleo reciba una dotación completa e idéntica de cada juego de cromosomas en las nuevas células. Así como en la pregunta tres y su correspondiente del post-test, se buscó averiguar si los alumnos tenían claridad en que las células somáticas de un organismo tienen dos cromosomas de cada tipo (diploide), igual que la célula de origen, lo que permite la constancia cromosómica y conservación de la información genética generación tras generación de células.

Parte de preguntas abiertas del test

La pregunta número uno tanto del pre-test como del post-test, correspondería a un nivel de conocimiento, pues se buscó averiguar si los alumnos sabían que todas las células de un organismo (musculares, de la piel, etc.) llevan el mismo material genético (la dotación correspondiente a esa especie) (Ayuso y Banet, 2002).

Con el cuestionamiento número dos del pre-test y post-test se buscó explorar si los alumnos tenían conocimiento acerca de la importancia que tiene el proceso que se lleva a cabo durante la mitosis, por lo que correspondería a un nivel de comprensión de acuerdo a la taxonomía de Bloom.

La pregunta número tres estuvo encaminada a un nivel de aplicación de conocimiento, donde se requería de varios elementos para poder dar respuesta al cuestionamiento planteado, pues comprendía en primer lugar que todos los organismos (en este caso se refirió a humanos y hongos) están formados por células, que tienen división celular, y que es un proceso con características generales en eucariontes.

En cuanto al reactivo número cuatro, se ubica en un nivel taxonómico de conocimiento, y se buscó indagar acerca de si los alumnos identifican los sucesos que ocurren en las fases de la mitosis.

Tabla II. Se presenta el nivel taxonómico en que se clasificó cada reactivo de los test de acuerdo a la taxonomía de Bloom; la cual, es una jerarquía de los distintos procesos. En esta jerarquía, cada nivel depende de la habilidad del estudiante para actuar en el nivel correspondiente o en los niveles inmediatamente inferiores. Por ejemplo, para que un estudiante pueda aplicar su conocimiento (3^{er} nivel), deberá conocer la información necesaria (1^{er} nivel) y luego comprender ésta información (2^{do} nivel).

No de pregunta Nivel taxonómico	Preguntas de opción múltiple ⁹					Preguntas abiertas			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
	1	4	5	2	3				
(1 ^{er} nivel) Conocimiento	√			√	√	√			√
(2 ^{do} nivel) Comprensión		√	√				√		
(3 ^{er} nivel) Aplicación								√	

Una vez recopilados los post-test se procedió a realizar la evaluación correspondiente de cada uno realizando un comparativo entre las calificaciones totales del pre-test y el post-test. Se efectuó el análisis estadístico explorando en primera instancia la prueba de normalidad y posteriormente una evaluación cualitativa de cada respuesta de los test tanto en el grupo control como en los grupos de intervención.

Para la evaluación de los comics (que sólo realizaron los alumnos de los grupos de intervención) se consideraron elementos como los conceptos que eligieron los alumnos al elaborar sus comics, estos conceptos los determinó el

⁹ El número de pregunta de la primera línea, corresponde a las del pre-test y las de la segunda línea corresponden a las del post-test.

docente por ser elementales para la comprensión del tema como son cromosoma, división nuclear, el mismo concepto de mitosis, división celular (Smith, 1991); estableciendo una lista de cotejo para detectar cuáles fueron los conceptos utilizados por los alumnos en la elaboración de sus comics (Anexo 7). También se incluyeron dentro de los criterios de la rúbrica (Anexo 8), *el uso adecuado de estos conceptos*, la *integración concepto-imagen* y la *creatividad* (Rodríguez, 2010).

Tabla III. Planeación de la intervención docente.						
Sesión	Objetivo	Contenido	Actividad del profesor	Actividad del alumno	Materiales	Producto
1	Identificar las ideas o conocimientos previos de los alumnos.	Diagnóstico de las ideas de los alumnos acerca del subtema mitosis	Aplicación del pre-test.	Contestar el pre-test.	Pre-test	Pre-test contestado
2	Abordar el subtema Mitosis con la intervención de los alumnos.	Subtema Mitosis.	Exposición del tema y acerca de cómo se elabora un comic, dirección de la lectura y resolución de las dudas con apoyo del mismo grupo, revisión del inicio de la elaboración de los comics por parte de los alumnos.	Descripción de las imágenes presentadas por la profesora, y toma de notas en sus cuadernos, lectura grupal del material proporcionado y participación en la resolución de dudas.	Esquemas sobre la mitosis. Lectura: "¿De qué manera se conserva la información genética en las células?" Cuaderno, lápiz y plumas. Laptop, cañón, pizarrón, señalador.	Esbozo del comic sobre el tema mitosis
3	Identificar la Reestructuración de las ideas de los alumnos después de la intervención.		Aplicación del post-test y recoger los comics elaborados por los alumnos.	Resolución del post-test y entrega de sus comics.	Post-test	Comic y Post-test
Extra clase	Evaluar los comics elaborados por los alumnos y calificar los test.		Evaluación de los comics y calificación de los test.			Vaciado de datos obtenidos.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el pre-test y el post-test en los grupos de intervención y en el grupo control, se muestran con puntuaciones (en escala de 10). Las diferencias entre ellos, puede tener un signo menos, evidenciando que no era el resultado esperado, lo cual significa que la calificación fue menor en el post-test que en el pre-test.

En los grupos de intervención se analizaron solamente los resultados obtenidos de 56 alumnos (Tabla IV), que fueron los que cumplieron con los tres elementos a evaluar: el pre-test, el comic y el post-test.

En el grupo control, únicamente se aplicó el pre-test y el post-test y sólo se consideraron 15 alumnos del grupo, pues en algunos casos contestaron el pre-test pero no el post-test y en otros casos contestaron el post-test pero no el pre-test.

Tabla IV. Resultados obtenidos en los test aplicados a los alumnos, antes de la intervención (pre-test), después de la intervención (pos-test) y la diferencia que se obtuvo entre ambas calificaciones.

Grupos de intervención			
Alumno	Cal. Post	Cal. Pre	Diferencia
1	8	3	5
2	2	2	0
3	6	7	-1
4	8	7	1
5	5	2	3
6	4	3	1
7	8	7	1
8	5	2	3
9	3	2	1
10	9	5	4
11	4	5	-1
12	6	6	0
13	6	3	3
14	8	5	3
15	4	5	-1
16	7	3	4

17	6	6	0
18	5	1	4
20	8	5	3
21	4	5	-1
22	4	5	-1
23	4	1	3
24	6	3	3
25	4	4	0
26	8	6	2
27	7	5	2
28	4	2	2
29	5	5	0
30	6	3	3
31	7	4	3
32	4	8	-4
33	5	7	-2
34	7	5	2
35	4	3	1
36	7	7	0
37	6	2	4
38	5	6	-1
39	8	6	2
40	6	1	5
41	7	3	4
42	6	5	1
43	6	5	1
44	10	3	7
45	6	5	1
46	9	5	4
47	6	5	1
48	9	6	3
49	9	5	4
50	9	4	5
51	6	5	1
52	6	4	2
53	8	4	4
54	7	3	4
55	6	3	3
56	4	5	-1

Tabla V. Resultados obtenidos en el grupo control, al igual que en los grupos de intervención se presentan los resultados del pre-test, pos-test y la diferencia entre ambas calificaciones.

Grupo control			
	Cal. Post	Cal. Pre	Diferencia
1	3	3	0
2	6	4	2
3	8	2	6
4	8	4	4
5	7	5	2
6	4	2	2
7	4	3	1
8	4	2	2
9	2	5	-3
10	3	4	-1
11	6	7	-1
12	2	6	-4
13	4	8	-4
14	6	8	-2
15	5	9	-4

Tabla VI. Análisis realizado a partir de la rúbrica de evaluación (Anexo 8) de los cómics elaborados por los alumnos en los grupos de intervención.

	Elección de los conceptos	Uso adecuado de la terminología	Integración de los conceptos con las imágenes	Creatividad
1	B-6	B	E	E
2	NC-1	NC	NC	B
3	B-8	B	B	B
4	E-9	E	E	E
5	B-5	B	R	B
6	B-6	R	R	R
7	B-4	B	B	B
8	B-4	B	B	B
9	B-8	B	R	B
10	B-8	B	B	B
11	B-4	B	B	B

12	R-3	R	R	B
13	B-4	B	B	B
14	B-5	B	E	E
15	E-9	E	E	E
16	B-3	B	E	E
17	B-4	B	E	E
18	B-3	B	B	B
19	B-7	B	B	B
20	NC-4	NC	B	B
21	E-6	B	B	B
22	B-9	B	B	B
23	B-6	B	B	R
24	B-5	B	B	B
25	B-5	B	R	B
26	B-9	B	R	R
27	B-9	B	B	B
28	B-4	B	B	B
29	B-6	E	B	B
30	B-3	B	B	B
31	NC	NC	NC	NC
32	B-3	B	R	B
33	B-4	B	B	B
34	B-3	B	B	B
35	B-6	B	R	R
36	B-4	B	R	R
37	E-11	B	B	E
38	B-9	B	B	B
39	B-5	B	R	R
40	B-3	B	B	B
41	B-6	B	B	B
42	B-7	B	R	B
43	B-5	B	E	B
44	B-4	B	R	R
45	B-4	B	R	B
46	B-0	B	B	B
47	B-5	B	R	R
48	B-12	B	B	B
49	E-9	E	E	B
50	R-5	B	R	R
51	E-8	E	E	B

52	B-8	B	R	R
53	B-5	B	R	B
54	B-6	R	B	B
55	B-4	B	R	R
56	B-8	B	E	B

Tabla VII. Resultados obtenidos de la revisión de los términos utilizados en los comics a partir de la rúbrica de evaluación (Anexo 7).

	División Nuclear	Repli- cación del DNA	Mitosis	Repro- ducción, crecimien to, sustitu ción	Células somá- ticas	Repro- ducción asexual	Cromosoma	Diploide	Fases	Cromátida	Eucarionte	Divi- sión celular
		C	O	N	C	E	P	T	O	S		
1	1	1					1		1		1	
2			1		1				1			
3	1		1	1		1	1		1	1		1
4	1	1	1	1				1	1	1		
5		1	1				1			1		1
6	1	1	1				1		1			1
7	1						1			1		1
8	1						1			1		1
9	1	1	1		1		1	1	1			1
10	1	1	1		1		1			1		1
11			1				1					1
12			1						1			1
13			1		1		1					1
14	1		1				1			1		1
15	1	1	1	1	1		1		1		1	1
16	1		1				1					1
17			1	1			1		1			1
18			1				1		1			
19		1	1	1			1		1	1		1
20							1		1	1		1
21	1	1	1						1			1

Tabla VII. Resultados obtenidos de la revisión de los términos utilizados en los comics a partir de la rúbrica de evaluación (Anexo 7).

	División Nuclear	Replificación del DNA	Mitosis	Reproducción, crecimiento, sustitución	Células somáticas	Reproducción asexual	Cromosoma	Diploide	Fases	Cromátida	Eucarionte	División celular
22	1	1	1		1		1	1	1	1		1
23	1		1	1			1				1	1
24			1		1		1		1			1
25		1	1				1			1		1
26	1	1	1		1		1	1	1			1
27	1	1	1	1	1		1		1	1		1
28			1						1	1		
29		1	1	1			1	1	1			
30			1				1		1			1
31		1	1		1		1			1		
32							1		1	1		
33			1				1		1			1
34			1				1		1	1		1
35		1	1	1		1						1
36			1				1		1	1		
37	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
38	1	1	1		1		1	1	1			1
39	1	1					1	1				1
40			1	1	1		1			1		1
41			1				1		1		1	1
42			1	1	1		1		1	1		
43		1		1			1		1	1		
44			1				1		1	1		

Tabla VII. Resultados obtenidos de la revisión de los términos utilizados en los comics a partir de la rúbrica de evaluación (Anexo 7).

	División Nuclear	Replificación del DNA	Mitosis	Reproducción, crecimiento, sustitución	Células somáticas	Reproducción asexual	Cromosoma	Diploide	Fases	Cromátida	Eucarionte	División celular
45		1	1	1			1		1			1
46			1	1	1		1		1	1		1
47			1		1		1	1				
48	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1
49				1			1		1			
50	1		1				1			1	1	
51		1	1				1		1			
52	1	1		1	1		1	1	1			1
53			1		1				1		1	1
54	1		1	1			1		1	1		1
55			1	1	1		1		1			1
56			1		1		1		1			1
	$\Sigma = 23$	$\Sigma = 24$	$\Sigma = 47$	$\Sigma = 19$	$\Sigma = 21$	$\Sigma = 2$	$\Sigma = 49$	$\Sigma = 11$	$\Sigma = 40$	$\Sigma = 26$	$\Sigma = 8$	$\Sigma = 40$
	41%	43%	84%	34%	37%	4%	87%	20%	71%	46%	14%	71%

Tabla VIII. Comparativo del Pre-test y Post-test de los grupos control e intervención.				
Grupo Control		Preguntas	Grupos de Intervención	
Pre-Test	Post-Test		Pre-Test	Post-Test
66%	26%	<i>Proceso que se lleva a cabo durante el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y en la reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares</i>	65%	86%
66%	93%	<i>¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?</i>	49%	39%
46%	66%	<i>Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células</i>	63%	77%
73%	33%	<i>En la fase S ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado?</i>	53%	43%
4%	80%	<i>En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es</i>	18%	68%
60%	53%	<i>Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo? Fundamenta tu explicación</i>	33%	86%
13%	13%	<i>¿Cuál es la importancia biológica de la mitosis?</i>	50%	75%
26%	13%	Planteamiento de Dany	50%	81%
26%	40%	Relación de cada etapa de la mitosis con los eventos que suceden en cada una de ellas	24%	54%

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de normalidad

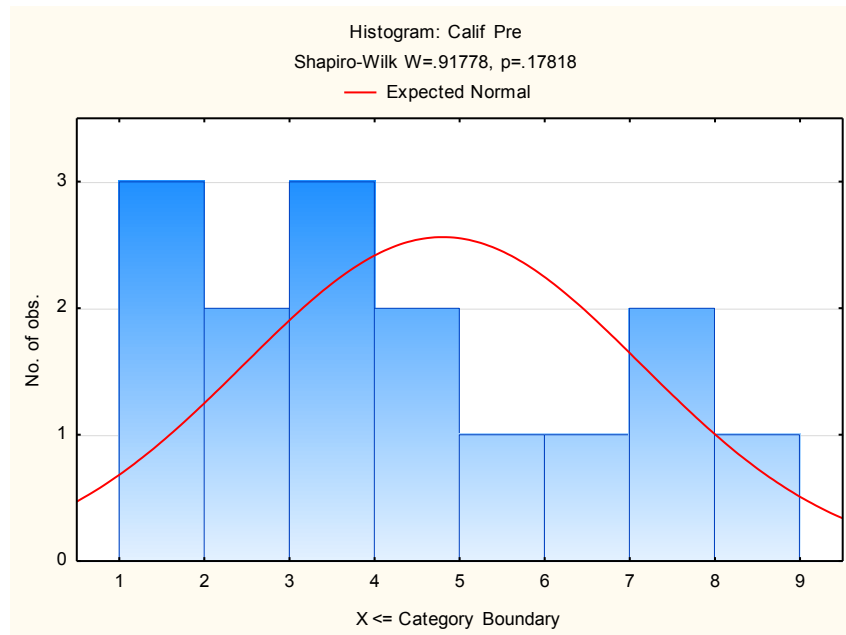
Para decidir qué prueba estadística utilizar se llevó a cabo la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, utilizando el programa STATISTICA ver. 10.1. Se contrastaron las siguientes hipótesis:

Ho: Si $p \geq 0.05$ los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Ha: Si $p \leq 0.05$ los datos no se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

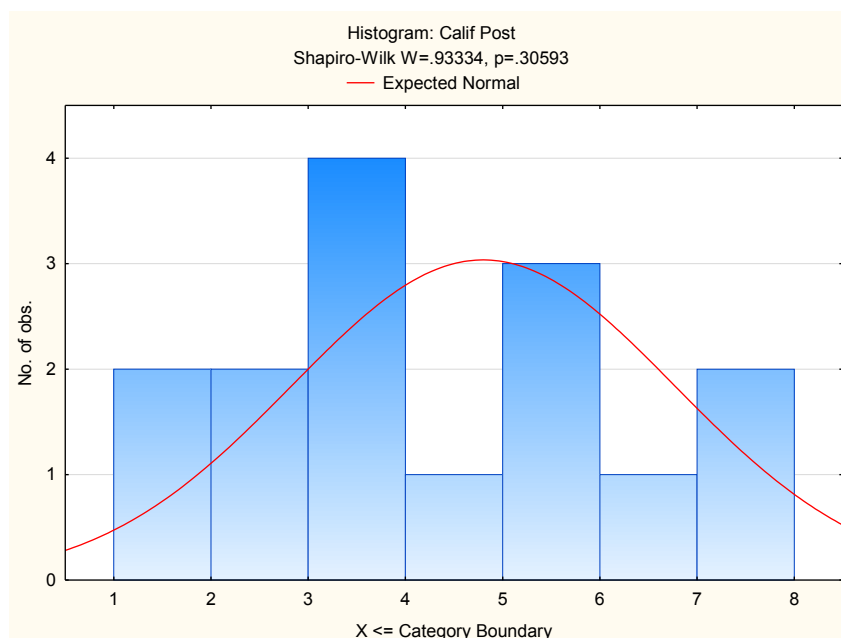
Grupo Control

Pre-test



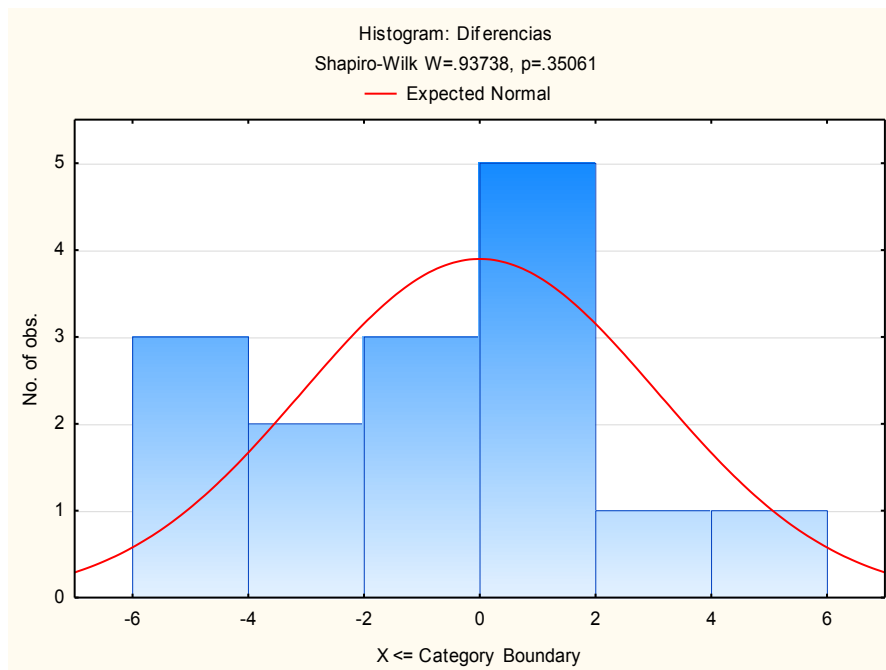
El análisis de los datos obtenidos para el pre-test en el grupo control mostró (Figura 1) que la probabilidad observada fue $p=0.17818$, la cual es mayor a 0.05, y significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Post-test



El análisis de los datos obtenidos para el pre-test en el grupo control mostró (Figura 2) que la probabilidad fue $p=0.30593$, la cual es mayor a 0.05, y significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Diferencias

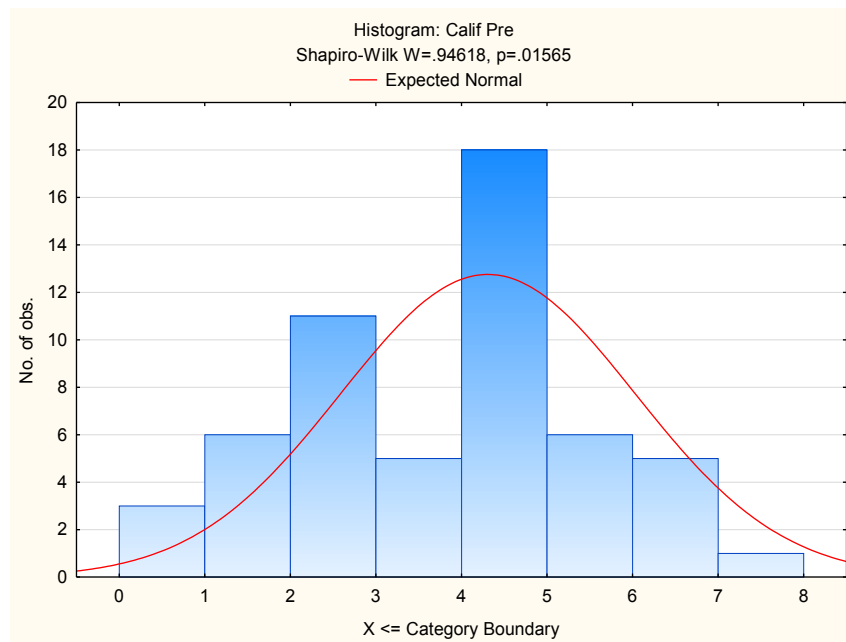


El análisis de la comparación entre el pre-test y el post-test, en el grupo control, mostró (Figura 3) que la probabilidad fue $p=0.35061$, la cual es mayor a 0.05, esto

confirma que los datos en ambas muestras se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

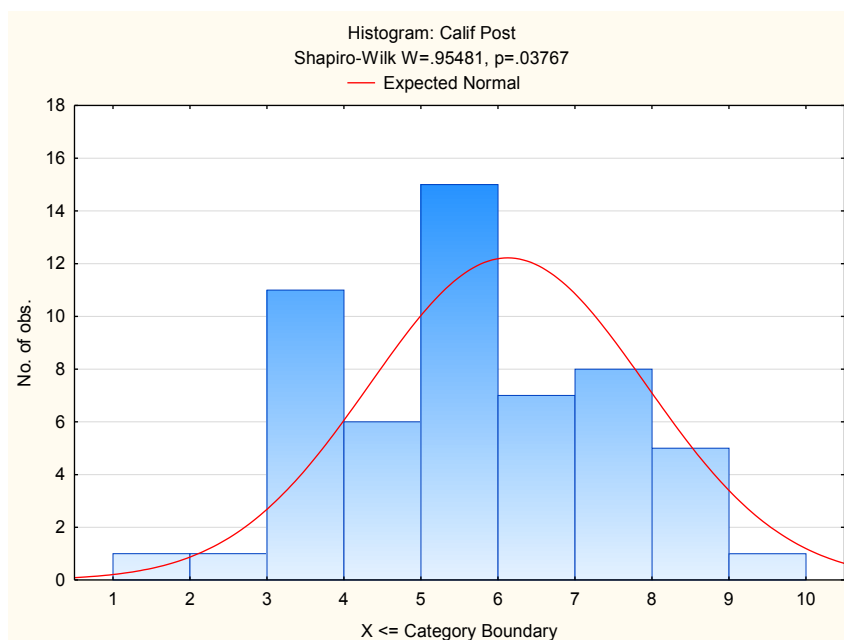
Grupo con Intervención

Pre-test

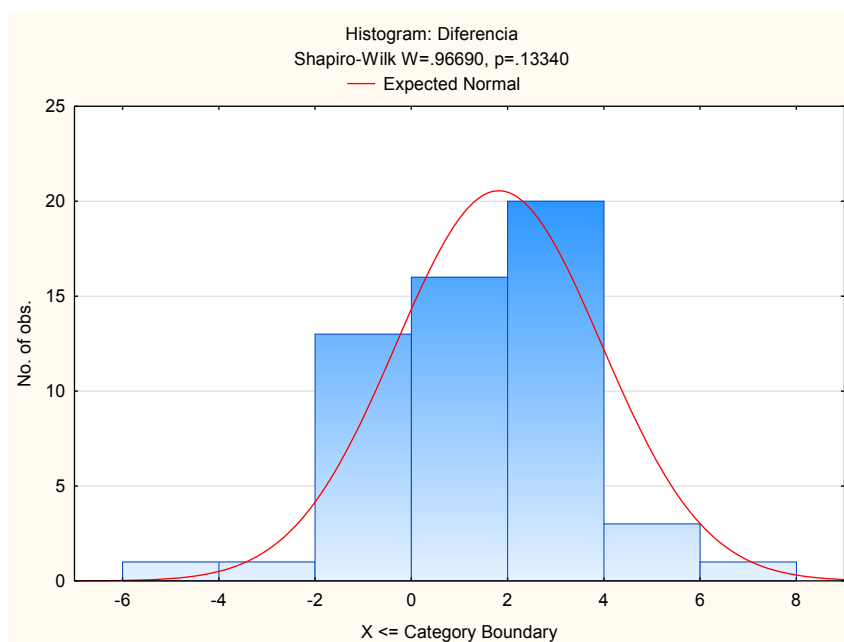


El análisis de los datos obtenidos para el pre-test en los grupos de intervención mostró (Figura 4) que la probabilidad fue $p=0.01565$, la cual no es mayor a 0.05, esto significa que los datos no se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Post-test



El análisis de los datos obtenidos para el post-test en los grupos de intervención mostró (Figura 5) que la probabilidad fue $p=0.03767$, la cual no es mayor a 0.05, esto significa que los datos no se distribuyen de acuerdo a una curva normal.



El análisis de los datos obtenidos para la comparación entre el pre-test y el post-test en los grupos de intervención mostró (Figura 6) que la probabilidad fue $p=0.13340$, la cual es mayor a 0.05, esto significa que los datos se distribuyen de acuerdo a una curva normal.

Comparaciones múltiples

Pre-test

Debido a que los resultados del pre-test y del post-test de los grupos con intervención no tuvieron comportamiento normal no se puede aplicar una prueba paramétrica, por lo cual se decidió aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis para muestras independientes utilizando el programa STATISTICA ver. 10.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ son iguales los resultados de pre-test entre los grupos

Ha: Si $p \leq 0.05$ al menos un grupo es diferente en los resultados del pre-test.

Tabla IX: Son iguales los valores del pre-test entre los grupos, resultado esperado dado que al comienzo del estudio se considera que todos los grupos son homogéneos en cuanto a las respuestas que proporcionan en los pre-test, y esto se cumple, por lo que podemos considerar que ambos grupos son homogéneos.

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Var2 (Spreadsheet3) Independent (grouping) variable: Var1 Kruskal-Wallis test: H (1, N= 70) =.2106375 p =.6463		
	control - R:37.600	intervención - R:34.927
Control		0.652088
intervención	0.652088	

Post-test

Debido a que los resultados del pos-test del grupo con intervención no tuvieron comportamiento normal no se puede aplicar una prueba paramétrica, por lo cual se decidió aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis para muestras independientes utilizando el programa STATISTICA ver. 10.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ son iguales los resultados de pos-test entre los grupos.

Ha: Si $p \leq 0.05$ al menos son diferentes los resultados del pos-test.

Tabla X. Hay diferencias en el pos-test, resultado que nos permite afirmar que al final de la estrategia el grupo con intervención tuvo un mejor rendimiento en responder el post-test (R: 38.327), que el grupo control (R: 25.133).

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Var3 (Spreadsheet3) Independent (grouping) variable: Var1 Kruskal-Wallis test: H (1, N= 70) =5.120517 p =.0236		
	control - R:25.133	intervención - R:38.327
Control		0.026035
Intervención	0.026035	

Diferencias

Debido a que los resultados mostraron que ambas muestras tuvieron comportamiento normal se decidió aplicar para los resultados del pre-test del grupo de intervención, la prueba paramétrica de comparación de medias “t” de Student, para muestras independientes, utilizando el programa STATISTICA ver. 10.1. Las hipótesis a contrastar fueron:

Ho: Si $p \geq 0.05$ son iguales los resultados de pre-test entre los grupos.

Ha: Si $p \leq 0.05$ son diferentes los resultados de pre-test entre los grupos.

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XI. Los resultados de la media (el promedio) del pre-test entre los grupos, resultado esperado dado que se observa una mayor media en el grupo con intervención (1.818182) que en el grupo control (0.00).

T-tests; Grouping: Var1 (Spreadsheet3) Group 1: control Group 2: intervención				
Mean control	- Mean intervención	- t-value	F-ratio Variances	- p Variances
0.00	1.818182	-2.64679	2.068158	0.058021

De acuerdo a la Ho: Si $p \geq 0.05$, esta hipótesis se acepta dado que $p = 0.58$, los resultados del pre-test en los grupos de intervención, son iguales lo que se confirmará con el análisis cualitativo del pre-test.

En cuanto a la hipótesis H_a : Si $p \leq 0.05$ al menos son diferentes los resultados del pos-test, lo que no se cumple pues el valor de la p obtenida ($p = 0.58$) es mayor que 0.050 así que se concluye que los resultados son iguales lo que coincide con el análisis cualitativo pues se encontró que en el grupo control no hubo cambio en las respuestas de los alumnos, mientras que en el grupo de intervención las respuestas cambiaron notablemente, haciendo uso de concepciones que en sus respuestas del pre-test no tenían.

Análisis cualitativo de los cuestionarios

Comparativo del Pre-test y Post-test del grupo control

En el grupo control para la pregunta *–Proceso que se lleva a cabo durante el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y en la reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares–*; 66% de los alumnos contestó *–Mitosis–* en el pre-test lo que indicaría que estos alumnos identifican la respuesta correcta, sin embargo, en el post-test disminuyó el porcentaje, pues sólo el 26% de los alumnos señaló la respuesta correcta.

En la pregunta *-Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células-* 46% de los alumnos señalaron *–Mitosis–* mientras que en el post-test incrementó el porcentaje a 66% de esta respuesta.

La respuesta de estas dos preguntas indica que no hay comprensión de lo que implica el proceso, pues si se cambia la pregunta los alumnos llegan a confundirse en cuanto a la respuesta correcta, aunque ambas preguntas tienen la misma respuesta, lo que reafirma la literatura revisada acerca de que los alumnos memorizan la definición de mitosis, pero no comprenden el significado ni las implicaciones biológicas que tiene este proceso (Smith 1991; Bugallo 1995; Rodríguez 2000; Ayuso y Banet 2002; Infante-Malaquías 2010; Íñiguez 2013).

En la pregunta *-¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?-*, 66% de los alumnos contestó *-Metafásico-* y en el post-test se incrementó significativamente la cifra, pues 93% de alumnos dieron la respuesta correcta, lo que permitiría argumentar que los alumnos reforzaron el nivel de conocimiento.

En el cuestionamiento *-En la fase S ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado?-*; 73% de los alumnos respondieron *-dos-* en el pre-test y en el post-test 33% respondieron *-cuatro-*, lo que indicó que los alumnos tuvieron confusión en cuanto a que es un cromosoma, cromátide hermana y cromosomas homólogos.

En la pregunta *-En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es;-* 4% de los alumnos contestaron *-diploide-* y en el post-test se incrementó el número de repuestas a 80%, por lo que podría considerarse que los alumnos lograron comprender que las células diploides se originan de este proceso.

En cuanto a las preguntas abiertas, en la que se cuestionó *-Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo? Fundamenta tu explicación-* 60% de los alumnos respondieron *-46-* pero sin fundamentar la respuesta, mientras que en el post-test se redujeron a un 53% las respuestas dentro de las cuales algunas fueron:

“46 por ser una célula que se produce por mitosis”,

“46 cromosomas ya que es el mismo individuo”,

“46 cromosomas ya que la célula del intestino es igual a cualquier otra célula del cuerpo”,

“Pues las mismas porque el ser humano está compuesto por 23 pares de cromosomas”,

“Las mismas, todo ser humano tiene 23 pares de cromosomas”.

Como puede observarse en las respuestas de los alumnos no hay evidencia de que distingan entre células somáticas y células sexuales.

En la pregunta *-¿Cuál es la importancia biológica de la Mitosis?-* sólo respondió el 13% de los alumnos, cifra que se mantuvo en el post-test. Algunas de las respuestas que dieron los alumnos fueron:

“Pues es la preservación de la célula y forma de reproducción y la célula es la forma principal de la vida”,

“Permite duplicar las células y así regenerar organismos pluricelulares o que los eucariotas unicelulares se reproduzcan”,

“Es la forma de reproducción de las células y por lo tanto es la forma principal de la vida”,

“La reproducción de la célula”,

“Es un proceso fundamental para nuestra vida”,

“Que da origen a más células”,

“Generación de más células”,

“Es muy importante, pues gracias a ella los seres vivos somos capaces de resistir un cambio climático”.

Menos de la mitad de los alumnos contestaron esta pregunta, sin cambios en las respuestas dadas entre el pre-test y el post-test.

En la pregunta de aplicación de conocimiento acerca del planteamiento de Dany, en el pre-test contestaron 26% de los alumnos y en el post-test disminuyó a 13% la cantidad de alumnos que dieron respuesta a este planteamiento. Algunas de las respuestas que dieron en el post-test fueron:

“Las células que fueron cortadas mueren y forman la costra y las demás se regeneran y recuperan el tejido perdido; similar a los hongos”,

“Se mueren las células, por ello se crea una costra, se producen nuevas células que regeneran la piel y es similar a algunos organismos”,

“Las células se mueren y con eso producen costra y otras van regenerando la piel desde adentro, y si es similar”,

“Se mueren las células, nacen otras que regeneran la piel, si es similar”,

“Las células de su cuerpo se duplican para regenerar el tejido, esto también ocurre en seres vivos y plantas”.

De las pocas respuestas dadas, se evidencia que sí asocian el proceso en diferentes organismos pero no especifican que lo que ocurre es la mitosis.

Respecto de la relación de cada fase de la Mitosis con lo que ocurre en cada una de ellas 26% respondió correctamente en el pre-test y 40% en el post-test.

Estos resultados muestran que los porcentajes de las respuestas dadas por los alumnos disminuyen considerablemente en las preguntas abiertas del post-test, no obstante, en la última pregunta abierta incrementa el número de respuestas.

Pre-test de los grupos de intervención

En la pregunta *-Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células-* 63% de los alumnos contestó *-Mitosis-* lo que permitió suponer que en su mayoría, tenían el nivel de conocimiento de acuerdo a la taxonomía de Bloom; pues lograron señalar la respuesta correcta; lo cual, fue reafirmado con las respuestas del reactivo – *Proceso que se lleva a cabo durante el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y en la reproducción asexual de algunos eucariontes*

unicelulares-, pues 65% de los alumnos respondió *-Mitosis-*, lo que implicaba que los alumnos tenían una idea clara en sus ideas acerca de lo que es la mitosis.

En la pregunta *–En la fase S ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado?-* 53% de los alumnos dieron la respuesta correcta, lo que indicó que al menos la mitad de los alumnos tendrían un nivel de comprensión en cuanto a que los cromosomas duplican su información antes de que ocurra la mitosis.

En la pregunta *–En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es-*, 18% de los alumnos respondió diploide, evidenciando que pocos alumnos comprendían que las células somáticas de un organismo conservan dos cromosomas de cada tipo (diploide).

En el cuestionamiento *-¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?-*, 49% contestó *-Metafásico-*, indicando que los alumnos que daban esta respuesta reconocían el nombre que recibe un cromosoma que se encuentra en estado duplicado, lo que muestra un nivel de conocimiento.

En cuanto a las preguntas abiertas, en el primer reactivo *–Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo? Fundamenta tu explicación-* 33% de los alumnos contestaron 46 cromosomas aunque sus fundamentaciones no eran del todo correctas pues al igual que en el grupo control no distinguieron entre células somáticas y sexuales.

Ejemplos de repuestas correctas en cuanto al número de cromosomas:

“46, todas las células contienen 46 cromosomas independientemente de donde sean tomadas”,

“46 porque de otra manera la célula no sería del mismo individuo ya que los cromosomas no varían en las células”,

“46 se tiene que tener el mismo número de cromosomas”,

“46 ya que se comparte la información de todas las células del individuo”,

“igual 46 cromosomas, de hecho en todos los órganos del cuerpo las células siempre tendrán 46 cromosomas”,

“46 cromosomas, ya que el individuo está conformado por las mismas células en todo el cuerpo aunque no iguales”,

Ejemplos de repuestas incorrectas:

“23 ya que la célula se une con otra y forma 46 cromosomas”

“el doble por las células somáticas (92)”,

“tendrían el doble ya que los cromosomas se duplican”,

“solo se que son 13 pares pero no la célula de la piel”,

“entre 80 y 100 porque la piel abarca más parte del cuerpo”.

En la segunda pregunta *-¿Cuál es la importancia biológica de la Mitosis?-* sólo 50% de los alumnos contestaron, los demás alumnos dejaron el espacio en blanco. Las respuestas fueron muy variadas, algunas de las cuales fueron las siguientes:

“su importancia es dar variedad a los individuos, restando su información genética”,

“genera nuevas células”,

“la regeneración de las células”,

“la importancia biológica de la mitosis es fundamental ya que implica en la reproducción”,

“producir más células”,

“la separación de las células”,

“que con ella se forma la célula”,

“se reproducen las células y es posible la vida”,

“que las células se separan”

“que gracias a ella se puede dar la reproducción”.

En cuanto a la pregunta *-Dany estaba rebanando algunas verduras, cuando momentáneamente se distrajo, entonces, accidentalmente se cortó, después de un momento, observó su pequeña cortada y pensó ¿Qué le pasa a las células de mi cuerpo para que se reconstituya el tejido?-*

Además, se preguntaba si *-este proceso sería similar al que tienen algunos organismos como los hongos que veía crecer sobre la fruta, cuando se reproducen-*

se encontró que 50% de los alumnos de los grupos de intervención no consideran a los hongos como organismos constituidos por células, consecuentemente sin procesos como el de la mitosis. Cuando Rodríguez realizó un trabajo de investigación en 2000, así como Ayuso y Banet en el 2002 e Íñiguez en el 2013, sobre lo que los alumnos sabían acerca de dónde se localiza la información hereditaria; encontraron que un buen número de ellos respondió que estos atributos sólo los poseen las personas y algunos animales relacionados filogenéticamente (perros por ejemplo) pero no otros seres vivos (como las plantas o los hongos). Sin duda, estas ideas constituyen un obstáculo muy importante para comprender que la división celular es un proceso de carácter universal y que en el caso de la mitosis conserva aspectos generales en eucariontes.

Algunos ejemplos de las respuestas son las siguientes:

“las células se separan y crean más”

“el propio cuerpo se recupera si está sano se divide el núcleo y genera una nueva célula”,

“se regeneran a partir de otras células y sí es similar en algunas especies pero no en todas”,

“se transforma en un tejido reconstruido”,

“no, porque las células de los humanos son diferentes, aunque sí, los hongos tienen células, no es el mismo proceso”,

“las células que se destruyen mueren, más sin en cambio se regeneran, pues la célula muerta reproduce otra que no tiene el mismo ADN pero si guarda propiedades de la anterior”,

“se reproducen las células originando unas nuevas. No, porque son diferentes tipos de células ya que cuando te cortas se están regenerando y en las frutas se están fermentando”,

“las células se reproducen para regenerar el tejido. No, porque son diferentes”,

“para que las células se regeneren usando la información y se reacomodan para auto-repararse y podría ser el mismo proceso por la información y desarrollo del hongo”,

“las células se juntan para formar la costra, sí es lo mismo pero se hace de diferente manera”.

Dentro de los datos notables rescatados en el pre-test de los grupos de intervención, se encontró que las concepciones de los alumnos no eran todas uniformes antes de que se abordara el tema, esto es, aunque dentro del Programa de Biología I en la Primera Unidad, previa al tema que nos ocupa, se indica la revisión del Tema I: “La célula como unidad de los sistemas vivos”; los alumnos dieron evidencia de que no conciben que todos los seres vivos están conformados por células y que en el caso de los eucariontes, en la reproducción asexual tienen el mismo tipo de división celular, que es por mitosis. Como refieren Ayuso y Banet (2002), la inadecuada formación conceptual genera en los alumnos explicaciones poco precisas, y distintas de las que proporciona la ciencia, en relación con algunos fenómenos cotidianos; -esta es la base que generalmente tienen los

alumnos cuando llegan al nivel medio superior, lo que se puede confirmar al revisar las respuestas dadas por los alumnos en el pre-test-.

Además de identificar como seres vivos los principales grupos de organismos, los estudiantes requieren conocer que éstos se encuentran formados por células (en las que se localizan los cromosomas) que tienen reproducción. Aspectos que deben haber sido abordados en lecciones o cursos anteriores, no suelen estar muy claros entre los alumnos y alumnas de estas edades y que sin duda, constituyen requisitos previos para comprender las circunstancias más elementales relacionadas con la división celular por mitosis, en particular, cuando se utilizan como ejemplos de seres vivos las plantas o ciertos grupos de animales (Rodríguez, 2000; Ayuso y Banet, 2002) como fue el caso del pre-test aplicado en este trabajo dónde se cuestionó acerca de los hongos.

Post-test de los grupos de intervención

A partir del análisis de las respuestas de los alumnos de los grupos de intervención y con base en el nivel taxonómico de Bloom establecido para cada reactivo de los test, se observaron cambios en las respuestas que los alumnos dieron en el cuestionario después de la intervención.

En el reactivo número uno, *-Constituye la base del crecimiento, reparación de tejidos en organismos pluricelulares y reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares-* 86% de los alumnos lograron identificar el concepto científico de mitosis, por lo que se puede considerar que el comic sí permitió que los alumnos de los grupos de intervención lograran este nivel taxonómico.

Respecto de la pregunta *-¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?-;* no se logró reafirmar el concepto, pues 39% de los alumnos contestó adecuadamente, lo que indica que faltó poner mayor atención en la revisión de este concepto o bien, abordarlo de una forma que permitiera que el alumno tuviera claridad en esta representación que se utiliza cotidianamente.

En la pregunta *-Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células-* 77% de los alumnos contestaron mitosis, aunque incrementa el número de respuestas correctas con respecto del pre-test, aún sigue habiendo dudas al respecto del proceso por el cual una célula proporciona igual número de cromosomas; cabe resaltar que en un grupo varios alumnos contestaron partenogénesis, que fue el tema que estaban viendo cuando me permitieron realizar la intervención con el grupo. Esto conduce a determinar que es importante que el docente reafirme el contenido que se está revisando y aclarar posibles dudas que aún pudieran persistir en el alumno o confusión al relacionar la información con temas que se hayan visto.

En cuanto a la pregunta *¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma en estado duplicado?-,* disminuyó en un 10% el número de alumnos que eligieron “dos”, pues sólo 43% de los alumnos dieron la respuesta correcta. Un dato que resalta es el hecho de que aumentó el número de alumnos que eligieron “cuatro”, por lo que probablemente, al igual que en el grupo control, se generó confusión en cuanto a la diferencia que existe entre cromosoma homólogo, cromosoma hermano y cromátide, lo que no permitió que comprendieran el concepto adecuado y por consiguiente que no lograran alcanzar el nivel taxonómico esperado.

En el reactivo *-En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es-*, hubo un incremento en el número de alumnos que eligieron la respuesta “diploide”, siendo 68% las respuestas correctas.

En cuanto a las respuestas de las preguntas abiertas, hubo un incremento en el vocabulario utilizado correctamente respecto del tema, aunque también hubo casos donde persistieron las ideas iniciales de los alumnos.

En la pregunta *-Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo?*

Fundamenta tu explicación-, se tuvieron 86% de respuestas correctas en los grupos de intervención, lo cual incrementó a más del doble de las respuestas dadas en el pre-test. Algunas de las respuestas fueron:

“46, todas las células del cuerpo humano, excepto las sexuales tienen 46 cromosomas”,

“46, ya que todas las células somáticas tienen 46 cromosomas”,

“Igual 46 porque solo cuando se va a reproducir con gametos tienen 23 mientras aquí no, solo 46 cromosomas”,

“46, todas las células del cuerpo tienen 46 cromosomas menos las sexuales que tienen la mitad”,

“46 porque en esos cromosomas viene toda la información genética y es necesario para todas las células”,

“Igual 46 cromosomas, porque todas las células de nuestro cuerpo humano están formadas por 46 cromosomas”,

“46 porque todas las células se originan de la misma célula”,

En la pregunta, *-¿Cuál es la importancia de la mitosis?-* 75% de los alumnos argumentaron correctamente acerca de la importancia que tiene la mitosis, en algunos casos relacionando la reparación de tejidos dañados cuando alguna persona tiene una herida, pero no con la cuestión de si es el mismo proceso que tienen los hongos.

Algunas respuestas dadas fueron las siguientes:

“conocer el proceso de reproducción celular y como es que conservamos nuestros genes”,

“generar células, por medio de una división celular, de una célula diploide se generan dos células diploides hijas”,

“para la formación de diferentes tejidos, células, etc. (al dividirse)”,

“si no existiera la mitosis seríamos completamente iguales que cuando nacimos porque nuestras células no se desarrollan”,

“para el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y reproducción asexual en algunos eucariontes unicelulares”,

“permite crecer y curar tejidos dañados”,

“que nos ayuda a renovar o reemplazar células lo que permite que nuestra piel se renueve o que nuestras heridas cierren”,

“que de una célula original da origen a dos y esas dos a dos más, iguales y con el mismo número cromosómico”,

Algunas de las respuestas incorrectas fueron:

“la mitosis es de suma importancia ya que es parte de la reproducción celular, en esta se da el intercambio de ADN para una nueva célula”

“que si no ocurriera la mitosis todas las personas seríamos iguales”.

En la pregunta de aplicación respecto a ayudar a Dany a dar respuesta a las dos preguntas que se plantearon en el siguiente relato,

-Dany estaba rebanando algunas verduras, cuando momentáneamente se distrajo, entonces, accidentalmente se cortó, después de un momento, observó su pequeña cortada y pensó ¿Qué le pasan a las células de mi cuerpo para que se reconstituya el tejido?-

Además, se preguntaba si -¿este proceso sería similar al que tienen algunos organismos como los hongos que veía crecer sobre la fruta, cuando se reproducen?-

En las respuestas de los alumnos de los grupos de intervención se encuentra un cambio determinante en los resultados, pues los alumnos en sus respuestas manejan el concepto de mitosis aplicándolo a lo que le sucedió a Dany, en su mayoría refieren que las células se reconstituyen o regeneran mediante un proceso llamado mitosis, en algunos casos dieron respuestas donde aceptan que los hongos tienen un proceso similar en su reproducción, pero también hay casos en los que los alumnos no aceptan que los hongos estén pasando por un proceso similar de división celular, lo que reafirma que mantienen

una visión antropocéntrica, promoviendo que mantengan la idea de que este proceso no es igual en eucariontes lo que conduce a que con toda seguridad este reactivo requerirá una modificación donde se reafirme a los alumnos que los hongos son organismos constituidos por células eucariotas, así como las plantas y los protozoarios.

Algunas de las respuestas de los alumnos a este planteamiento fueron:

“las células del cuerpo se reproducen y a la vez mueren otras, esto permite que el tejido se regenere y así cerrar la herida. Lo mismo ocurre con los hongos de la fruta pues se van reproduciendo y hacen que la fruta comience a echarse a perder”,

“los procesos que se llevan a cabo las células para que puedan reconstruir el tejido es que se reproducen por mitosis, tienen la misma cantidad de juego de cromosomas. El proceso es similar porque ambos son mitosis”

“las células a través de la mitosis se dividen y sustituyen a las células muertas”,

“sus células comienzan a reproducirse por mitosis, hasta generar las células suficientes para cubrir la herida, podría ser un pequeño parecido, puesto que al igual se reproducen las células de los dos seres vivos”,

Otros respondieron:

“no son similares a los de los hongos, sino que nuestro organismo es capaz de restaurar o reemplazar células muertas o agotadas por medio de un proceso de división celular llamado mitosis”

“no es igual a la familia de los hongos”,

“no es igual a la familia de los hongos”,

“lo que pasa para que ese tejido se recupere es que las células comienzan a dividirse para formar ese tejido y pues en los hongos es diferente”.

En cuanto a la relación de cada etapa de la mitosis con los eventos que suceden en cada una de ellas, se encontró al momento de revisar las respuestas de los alumnos que probablemente también hubo confusión por la redacción de

los sucesos que ocurren en cada fase; aún así, los alumnos lograron distinguir el proceso que ocurre en cada fase y 54% de los alumnos dan las respuestas esperadas.

Comparando el grupo control con los grupos de intervención pueden encontrarse diferencia tales como los porcentajes obtenidos en el comparativo de los test. En las preguntas de opción múltiple puede apreciarse que algunos porcentajes incrementaron y en los grupos de intervención aunque también algunos incrementaron, hubo respuestas que tuvieron un porcentaje menor en el post-test.

En lo que respecta a la parte de preguntas abiertas si hubo una diferencia pues en el grupo control los alumnos respondieron sin fundamentar adecuadamente, al igual que en las respuestas del pre-test de los grupos de intervención mientras que en el post-test dan más argumentos en sus explicaciones.

Análisis de los comics

Como anteriormente se había referido, Smith en 1991 realizó un análisis donde observó cuatro niveles en la comprensión de los estudiantes, misma que fue tomada como base para la evaluación de los comics:

1. Total ausencia de comprensión del proceso.
2. Memorización de los nombres de las fases sin comprensión de los eventos que ocurren en ellas.
3. Conocimiento de que el número de cromosomas se mantiene en mitosis y se reduce en meiosis, pero ignorancia de cómo se produce eso.
4. Se observan errores y confusión con conceptos tales como genes/alelos, cromosomas/cromátida, haploide/diploide, cromosomas homólogos/cromosomas hermanos.

De acuerdo a la rúbrica establecida (Anexo 8), con respecto al primer punto, se encontró que los alumnos consideran prioritaria la descripción de las fases de la mitosis; este hecho puede tener como sustento, el que -la enseñanza de la mitosis cotidianamente se realiza a partir de la repetición de las fases de ésta.

No obstante, como puede observarse en los comics elaborados por los alumnos (Ver Anexo 9), ellos explican el proceso que ocurre en cada fase de la mitosis como en el comic número 1: la célula es la narradora y va contando lo que pasa durante la división celular convirtiendo el proceso de la mitosis en el personaje principal, lo que permite ir comprendiendo los sucesos que ocurren en cada fase.

En otros comics como en el número 2 hay un narrador en la cartelera, que retoma los aspectos importantes para poder comprender el proceso, indica mediante un dibujo que una persona puede tener un accidente y mediante la mitosis podrá reparar las células del tejido dañado.

Esto demuestra que comprendieron que la información genética se duplica en la célula de origen y después se divide de manera exacta en cuanto al número cromosómico, e idéntica en cuanto al tipo de cromosomas en las células hijas. De esta forma el alumno pudo concebir la perpetuidad que existe en la información genética, generación tras generación de células, lo que demuestra el alcance que tiene la elaboración de un comic, pues como se mencionó anteriormente, -los alumnos memorizan generalmente el nombre de las fases, pero no comprenden los sucesos que se van dando en cada momento del proceso, ni las consecuencias de ello.

En el capítulo de método se refirió, que dentro de la evaluación de los comics, el docente consideró elementos como la elección de conceptos por parte de los alumnos al elaborar sus comics, estos conceptos fueron establecidos por ser elementales para la comprensión del tema como son: cromosoma, división nuclear, mitosis, división celular; lo cual se vio efectivamente reflejado en los

comics que elaboraron los alumnos (algunos ejemplos se encuentran en el Anexo 9).

En el capítulo 1 se mencionaron las características y organización que requiere tener un comic, dentro de los trabajos realizados por los alumnos puede observarse que se cumplen con los requisitos correspondientes; por ejemplo, en el comic número 1 del anexo 9 se señala el continente, el globo o bocadillo, el contenido, la onomatopeya; en el comic número 2 se señala la cartelera, en el comic número 3 se señala otro tipo de continente. Estos son algunos comics elaborados por los alumnos, donde se muestran las partes que conforman un comic, en la revisión que se hizo de los trabajos que realizaron puede observarse que todos los comics cumplen con los requisitos solicitados en cuanto a características y organización.

En cuanto a los criterios de la rúbrica para la elección de los conceptos, el uso adecuado de la terminología, la integración concepto-imagen y creatividad, se encontró que esto podría lograr que los estudiantes reestructuraran sus concepciones iniciales sobre la información hereditaria, su ubicación en la célula, el papel de los cromosomas, etc. Y, de esta manera, posiblemente lograr conocimientos más congruentes con los conceptos científicos, por ejemplo, la producción de argumentos por parte de los estudiantes, como lo es el comic; para mejorar la comprensión de estos conceptos, lo que puede demostrarse con los resultados presentados en la Tabla VIII y su análisis posterior en el capítulo 6.

Dentro de los aspectos relevantes en los comics que los alumnos presentaron se observa que 74% de alumnos no distingue entre cromosoma y cromátide al representarlos en sus comics, lo cual se vio reflejado en sus respuestas de los post-test.

86% de los alumnos en sus comics sitúan a los genes en los cromosomas. Siendo esto -una evidencia de que el alumno comprende que todas las células de un organismo (musculares, de la piel....) llevan el mismo material genético (la dotación correspondiente a esa especie).

En el 71% de los casos, el comic giró en torno a las fases del proceso, las cuales son relevantes para identificarlo como tal, además de concretizar sus ideas acerca del porqué ocurre la mitosis.

96% de los alumnos refirieron de manera implícita la división celular aunque no utilizaron el concepto explícitamente.

En el marco teórico se mencionó que la elaboración de un comic obliga a seleccionar las ideas principales y lo que más interese para su posterior elaboración. Con esta tarea no sólo se consigue que los alumnos aprendan a resumir, sino también a pensar, redactar los diálogos y el título de forma clara y personal, (Anexo 9) sin limitarse a copiar lo ya dicho por el texto, exige también un gran esfuerzo mental de comprensión y expresión, construyendo un diálogo con orden lógica y claridad (Miravalles, 1999).

Con base en lo anterior y a partir del análisis de los comics, se evidenció que la elaboración de éstos, favoreció la argumentación por parte de los alumnos, lo que se vio reflejado en las respuestas de las preguntas abiertas que dieron en los post-test. Relacionando esta información con su vida cotidiana pues en 82% de los casos, los alumnos retomaron ésta idea para dar inicio a sus comics y justificar el por qué daban una explicación acerca del proceso de la mitosis y su importancia biológica.

Hubo muy activa participación de los jóvenes durante la intervención docente, al momento de realizar sus comics, lo que puede considerarse como un elemento de motivación para realizar con agrado la actividad.

Como sugiere García (2006) la información presentada de esta forma es relevante para los jóvenes de enseñanza media y hace que aumente notablemente la circulación del conocimiento de una forma grata para los alumnos pues los involucra en su aprendizaje de manera directa y no como simple espectador.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Impresiones finales del trabajo

Las observaciones realizadas en clase durante el inicio de la elaboración de los comics permitió tener evidencia de que este medio escrito implicó en primer lugar, que los alumnos tuvieran conocimiento del contenido que presentaron en el comic, en segundo lugar, integrar el concepto escrito con la representación que mediante imágenes dibujaron, dándole un toque personalizado bajo la visión de quien lo elaboró y, además de lo anterior, uno de los aspectos más relevantes que propició el comic, fue la creatividad que tuvo el autor para exhibir sus ideas; lo que volvió al comic una actividad novedosa, llamativa y original, que, de acuerdo a las características de los alumnos de bachillerato, tuvo atractivo para que aprendieran un tema que pudiera llegar a -parecerles un tanto aburrido-.

Puede resaltarse el hecho de que los alumnos mostraron satisfacción con el resultado final de sus comics, pues incluso algunos referían que querían quedárselo, en palabras de algunos alumnos:

“me sentí orgullosa de mi misma, se siente muy padre aprender”,

“me sentí bien, aunque creo que el aprendizaje dependió mucho de la actividad (comic) porque allí se puede reflejar la forma en la que lo aprendimos y como lo explicamos”,

“yo no sabía nada absolutamente nada, solo un concepto básico de mitosis. Aprendí mucho sobre dicho proceso, me sentí a gusto, como una clase normal”,

Esto último conduciría en una reflexión por parte del docente a cuestionarse acerca de lo que los alumnos consideran como “una clase normal”; lo que da cuenta también de lo que el alumno siente al concebirse como sujeto activo de su propio aprendizaje.

Otra apreciación importante fue la reestructuración personal que realiza el mismo docente durante el desarrollo de la intervención, pues eso permitió percatarse de las oportunidades que tiene de mejorar en su práctica y afinar los instrumentos a utilizar con los alumnos a la hora de abordar, no sólo éste, sino diferentes temas.

Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegan en el presente trabajo consideran los objetivos generales y particulares de aprendizaje. Tanto la descripción del aprendizaje: “Describe con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del proceso de división celular por mitosis”, como el objetivo general: “Lograr la comprensión del tema mitosis por parte del alumno, a partir de la elaboración de un comic, como estrategia de enseñanza-aprendizaje del proceso de la mitosis” se lograron adecuadamente. Esto se basa en las evidencias mostradas en los capítulos, con las que se demostró que la elaboración de un comic por parte de los alumnos permitió que entendieran que la información genética se duplica en la célula de origen y después se divide de manera exacta en cuanto al número cromosómico, e idéntica en cuanto al tipo de cromosomas en las células hijas. De esta forma el alumno pudo concebir la perpetuidad que existe en la información genética, generación tras generación de células, lo que repercute en el alcance que tiene la propuesta de elaboración de un comic, pues como se mencionó anteriormente, en el estudio realizado, en 1991 por Smith, los alumnos puede llegar a tener conocimiento de que el número de cromosomas se mantiene en mitosis, pero ignoran cómo se produce esto.

En cuanto a los objetivos particulares, el primero: “Evaluar la pertinencia de la elaboración de un comic por parte de los alumnos para lograr la comprensión de dicho proceso”; se logró mediante la evaluación de los comics, donde se consideró la elaboración del mismo y el contenido que presentaba de acuerdo a la rúbrica establecida. Esto condujo a fundamentar los alcances obtenidos a partir de esta estrategia ya que al abordar el contenido declarativo aquí estudiado, se redujo el

problema planteado por Smith (1991) acerca de los niveles de comprensión de este proceso: los alumnos memorizan el nombre de las fases, pero no comprenden los sucesos que ocurren en cada una de ellas.

Para el segundo objetivo: “Evaluar el alcance de la estrategia en la reestructuración de las ideas de los alumnos en cuanto a la importancia biológica y relación con su vida cotidiana”, pudo observarse que en los comics elaborados por los alumnos explican mediante sus dibujos, que una persona puede tener un accidente y mediante la mitosis podrá reparar células del tejido dañado así como los sucesos que ocurren en cada fase de la mitosis y van contando lo que pasa durante la división celular, reestructurando sus ideas sobre el proceso de la mitosis, lo que les permitió ir comprendiendo los acontecimientos que ocurren en cada fase.

El tercer objetivo: “Estimular la creatividad en el alumno mediante el desarrollo de la expresión escrita y de imágenes, se logró fomentando primero la lectura, lo que suscitó que el alumno se fuera familiarizando con los términos y posteriormente fuera haciendo uso de ellos al redactar los textos y la narración que presentó en su comic.

La elaboración del comic, bajo las características anteriormente descritas dio como resultado un contexto favorecedor para estimular la creatividad, desarrollándose en el momento de producir sus propios textos en los globos y bocadillos y sus respectivas imágenes, convirtiéndose así, en un entorno de aprendizaje en el que además el alumno pudo darse cuenta de cómo lograba su propio aprendizaje, -visualizando otras opciones para representar sus ideas a partir de una mezcla de características personales, habilidades cognitivas, conocimientos técnicos, circunstancias sociales y culturales Vecina (2006).

El cuarto objetivo: “Promover que el alumno integre información escrita e imagen”, se logró con la elaboración de los comics con lo que se buscó abatir el primer problema en los niveles de comprensión establecidos por Smith en 1991:

pues los alumnos, al ir elaborándolo se fueron dando cuenta en cada momento de los aspectos importantes del proceso para comprender lo que ocurre en la mitosis.

Sin embargo, aun con el logro de los objetivos establecidos en esta tesis, el cuarto nivel de comprensión establecido por Smith: “se observan errores y confusión con conceptos”, tales como genes/alelos, cromosomas/cromátida, haploide/diploide, cromosomas homólogos/cromosomas hermanos, no se logró eliminar en su totalidad, porque se requiere incorporar otros contenidos del programa de Biología, lo cual no se pudo realizar en este trabajo; dichos contenidos son cruciales en la comprensión y en el aprendizaje de la división celular, pues existen patrones comunes en las respuestas de los alumnos en cuanto a la visión estructuralista del concepto de cromosoma y contenidos asociados. Esto incide en la inadecuada interpretación de otros conceptos biológicos. Por consiguiente, la falta parcial de la comprensión del tema Mitosis repercute en el aprendizaje de otros contenidos de biología. En trabajos preliminares de didáctica de división celular, Bugallo, en 1995, señaló que en esta área del conocimiento biológico las investigaciones realizadas hasta el momento y las propuestas planteadas no habían permitido lograr avances en su aprendizaje, lo cual conduce a una expectativa a lograr como continuidad de este trabajo.

Por otra parte, en una reflexión acerca de la intervención docente se concluye que los docentes también manifiestan sus creencias sobre el tipo de instrucción que ha de darse a los alumnos, pues en el reactivo número tres de las preguntas abiertas, - Ayuda a Dany a dar respuesta a las dos preguntas que se planteó- faltó mayor precisión en el planteamiento para que el alumno tuviera claridad en cuanto a lo que se le estaba cuestionando, y como se trataba de un nivel de aplicación de conocimiento, pudo haber influido en que el alumno no contestara lo que en realidad se quería indagar, no porque no lo supiera, sino porque no se comprendía la pregunta; de ahí la importancia de haber replanteado este cuestionamiento en los test corregidos.

La importancia que confieren a esto los educadores e investigadores se debe a que existe consenso acerca de su papel en la comprensión de la biología,

tanto en el sentido de contenido específico, como por su incidencia en la construcción de conocimientos necesarios para la vida diaria y que todo ciudadano idealmente debe tener como parte de una cultura científica.

Es importante señalar que, si bien fueron necesarios durante la década de los años 80, la realización de estudios e investigaciones en la enseñanza de las ciencias con énfasis en las “ideas alternativas”, concepciones previas de los estudiantes (*misconceptions*), en los planteamientos para lograr el cambio conceptual y en las dificultades de los aprendices para la resolución de problemas de esta disciplina, entre otros, hoy sabemos que es necesario conducir investigaciones en enseñanza de la biología que traten de describir, comprender e interpretar los procesos de conceptualización entre los estudiantes, como se planteó en este trabajo.

En las investigaciones revisadas se habla constantemente de la persistencia de ideas alternativas entre estudiantes de distintas regiones del mundo por las representaciones externas que provocan la construcción de representaciones internas, y que pueden ser obstáculos de aprendizaje de la biología. Las tendencias actuales apuntan a la realización de trabajos que orienten la búsqueda de sistemas instruccionales que puedan reducir tales dificultades y mejorar los contenidos y la información de los materiales didácticos de diversos tipos; por ello, en este trabajo se hace énfasis en la reflexión continua por parte del docente para lograr los objetivos planteados en el programa indicativo.

Una vez que se plantea la importancia que tiene el conocimiento previo del alumno en los procesos de enseñanza/aprendizaje, haciéndonos saber que es requisito indispensable para que -pueda aprender (Ausubel, 1978; Rodríguez, 2000; Carretero, 2002; Pozo, 2011);- comienzan en la investigación educativa abundantes publicaciones sobre ideas previas, ideas alternativas, errores conceptuales, concepciones, “ciencia alternativa”, que dieron paso a la planificación de estrategias tendentes al cambio conceptual (Gallegos y Flores, 2011; Moreira, 1999, en Rodríguez, 2000; Pozo, 2011). Esa diferencia al cambio hizo ver que aquellas concepciones, ideas previas, etc., tienen una serie de

características, de atributos que deben ser tenidos en consideración en los procesos de aprendizaje y que guardan relación con su carácter autónomo, implícito, funcional, coherente, que no son tan fácilmente describibles y que no son tampoco tan fáciles de explicar ni de modificar. Se trata de formas con las que el individuo interactúa con la realidad, que en este caso, el alumnado ya tiene pero que puede reestructurar (Rodríguez, 2000; Ayuso y Banet, 2002; Gallegos y Flores, 2011; Pozo, 2011), como se ha expuesto aquí, mediante la elaboración de un comic, para lograr el aprendizaje planteado en el Programa de Estudios de Biología I del Colegio de Ciencias y Humanidades:

“Describe con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del proceso de división celular por mitosis”.

Asimismo se cumplieron los aprendizajes procedimentales y actitudinales marcados en el PEB (Anexo 1).

Recomendaciones para la aplicación de esta estrategia

Dentro de las observaciones que este trabajo permitió tener, se encuentra la referida al tipo de instrucción dada, pues para lograr obtener los resultados esperados, el docente requiere expresar de la manera más clara lo que se solicita al alumno, conservando coherencia entre la instrucción, los objetivos, la forma de evaluación y el contenido a abordar (en este caso, el tema mitosis). El docente debe comprender cómo interpretar él mismo el tema que debe enseñar, de manera que sea capaz de transmitirlo a los alumnos con pocos o ningún problema.

Por otra parte, es importante que en el momento en que el alumno comienza a elaborar su comic, el docente lo guíe, pues en un inicio puede requerir su apoyo para aclarar dudas referentes al contenido, y que no representen alguna idea alternativa.

Puede darse la libertad de que el alumno trabaje de manera individual o en equipo, basándose en que el trabajo compartido entre pares reditúa en el hecho

de que compartir información, ideas e incluso dudas puede conducir a la resolución y complementación de los trabajos.

Una opción para revisar y evaluar los comics elaborados por los alumnos es que ellos mismos los presenten en sus respectivos grupos, pues esto puede propiciar que refuercen el aprendizaje abordado y que a su vez, continúen con la resolución de dudas o ideas que pudieran haber persistido durante la elaboración de sus trabajos. Asimismo, que el docente corrija las ideas erróneas que pudieran haber permanecido.

También podría realizarse una exposición con los comics de los alumnos entre diferentes grupos y los mismos alumnos podrían dar sus opiniones respecto del trabajo de sus demás compañeros e incluso podría realizarse una especie de concurso con la finalidad de que los alumnos presentaran sus trabajos con mayor esmero, sabiendo que presentarán sus trabajos ante otras personas.

Una intención que se tiene en este trabajo y que sería una continuidad del mismo, es distribuir los comics como difusión de este tema.

Dentro de las propuestas de los mismos estudiantes, surgió la idea de realizar el comic pero de manera digital, ya sea realizando animaciones o contando una historia en presentación de power point, e incluso subiéndola a Youtube, con lo que esta estrategia podría ser abordada desde el uso de las TIC. Esto daría lugar a otro trabajo y/o a otra tesis.

Otro aspecto sobresaliente, es la evidencia que guarda este trabajo del momento histórico que refleja, pues los alumnos al hacer sus dibujos, utilizaron personajes que son reflejo de la cultura y sociedad en que se desenvuelven y el evaluar estos aspectos arrojaría datos interesantes a analizar en un momento posterior.

REFERENCIAS

- Alberts, B. (2012) *Biología Molecular de la célula*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Alonso, M. (2012) Suplementos marco ELE. *El cómic en la clase de ELE: Una propuesta didáctica*. ISSN 1885-221/14.
- Arizmendi, M. (1975) *El cómic*. Ediciones Planeta, España.
- Audesirck (2008) *Biología. La vida en la Tierra*.
- Ausubel, D. P. (1978) *Educational Psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Ávila, J. (2011) *Prontoario de acreditación, deserción y reprobación. Ciencias experimentales*. Dirección General de la ENCCCH, UNAM.
- Ayuso, G. E. y Banet, E. (2002) Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (1), 133-157.
- Aznar, M. M. (2006) Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, (24) 2, 193-206.
- Baddeley, A. (2007) *Working memory, thought, and action*. Oxford University.
- Banet, E. y Ayuso, E. (1998). La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Abril V (16), 79-84.

- Banet, E. y Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Teaching Genetics*. 84, (3), 314-351.
- Baron-Carvais, A. (1989) La historieta. Fondo de Cultura Económica, D.F., México.
- Barrero, M. (2009) *Los cómics como herramientas pedagógicas en el aula. Cuaderno del maestro.*
- Bartolucci, J. y Rodríguez, R. (1983). *El colegio de ciencias y humanidades: Una experiencia de innovación universitaria*. ANUIES. México. 221.
- Baudet, J. (2001) *La historieta como medio para la enseñanza*. Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de humanidades y educación. Escuela de Comunicación Social.
- Benarroch, A. y Marín, N. (2011) Relaciones entre creencias sobre enseñanza, aprendizaje y conocimiento de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 29 (2) 289-304.
- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*. 13(3), 379-385.
- Campanario, J. M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas del pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 18(2), 155-169.

- Campanario, J. M. (2002) Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), pp315-325.
- Campanario, J. M. (2003) Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 21(2), 319-328.
- Campanario, J. M. (2012) La enseñanza de la ciencias en Preguntas y respuestas. En: <http://www2.uah.es/jmc/webens/recursos.html>
- Campbell, Neil A. *et al.* (2001) Biología. Conceptos y relaciones.
- Carretero, M. (1993) Constructivismo y educación. Eldevives. Madrid.
- Carretero, M. (1996) Construir y enseñar las ciencias experimentales. Ed. Aique. Buenos Aires Argentina.
- Carretero, M. (1997) ¿Qué es el constructivismo? Desarrollo cognitivo y aprendizaje. México. pp 39-71.
- Carretero, M. (2009) Constructivismo y educación. Ed. Aique. Buenos Aires Argentina.
- Claxton, G. (1984) Vivir y aprender. Madrid. Alianza.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (1996). *Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades*. UNAM. México. 112.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2003). *Programas de estudio para las asignaturas: Biología I, II, III y IV*. UNAM. México. 37.

- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2006). *Orientación y sentido de las áreas del Plan de Estudios Actualizado*. UNAM. México.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2011) Diagnostico Institucional para la revisión curricular del Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2013) Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades. Documento de Trabajo.
- Coll, C. (1996) Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento. Ed. Paidós. Barcelona, España.
- Coma, J. (1979) Del gato Félix al gato Fritz. Historia de los comics. Ed. Gustavo Gili, S.A., Barcelona.
- Cory, A., and Eugene, F. Jr. (2007) Teaching Science in Elementary & Middle School. *A cognitive & Cultural Approach*. SAGE Publications. E.E.U.U.
- De Bono, E. (1992). *Serious creativity: Using the power of lateral thinking to create new ideas*. New York: Harper Collins.
- Diana, S. (1997) La cultura de la imagen. *Ensayos: Revista de la Facultad de Educación de Albacete*. N° 12, págs. 221-234.
- Díaz-Barriga A., F. (2004) Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. Facultad de Psicología. UNAM. 3ª ed. Mc Graw Hill. Mexico.
- Documento para el Concurso de Oposición para el Ingreso a la Educación Media Superior 2014-2015. COIEMS-A.

- Driver, Guesne y Tiberghiem (1999) Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia.
- Escudero, D. I. (2008) Tesis: No soy matemático por falta de vocación o falta de información. Escuela Superior de Física y Matemáticas. IPN.
- Federación de Enseñanza de C.C.O.O. (2009) El cómic como recurso didáctico en la educación primaria. *Revista Digital para profesionales de la enseñanza*. N°5 - Noviembre.
- Finley, F. Stewart, J. y Yarroch, W. (1982) Teacher's perceptions of important and difficult science content: The report of a survey. *Science Education*, Vol. 66, pp. 531-538.
- Flores, F. (2009) Laboratorios de ciencias para el bachillerato UNAM. *Fundamentos Educativos*.
- Flores, C. F. y Gallegos, C. L. (2009, en prensa) Laboratorios de Ciencias para el Bachillerato UNAM. (Fundamentos Educativos). *Una propuesta didáctica para el trabajo en el laboratorio de los bachilleratos universitarios*. México. CCADET-UNAM.
- Gallegos, L. y Flores, F. (2011) Secuencias Didácticas de Biología para los Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM.
- García, J. D. (2006) Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Comunicación. El cómic como medio de comunicación masiva. Coatzacoalcos, Veracruz.

- García, R. (2009) La física con humor se enseña (y aprende) mejor. Monografía. Ciencia con humor en Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. N. 60. Universidad de Murcia.
- Giordan, A. y Vecchi, G. (1995) Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. Serie Fundamentos N° 1. Colección Investigación y Enseñanza.
- Gipson, M. H., Abraham, M. R. y Renner, J. W. (1989). Relationships between formal-operational thought and conceptual difficulties in genetics problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 26, pp. 811-821.
- Gubern, R. (1979) El lenguaje de los comics. Ed. Península, Barcelona, España.
- Heackling, M. W. y Treatgus, D. (1984) Research data necessary for meaningful review of grade ten high school Genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21 (2), pp. 197-209.
- INEE (2009) *El aprendizaje en tercero de secundaria en México. Informe sobre los resultados de Excale 09*, aplicación 2008. México: Instituto Nacional para la evaluación de la Educación.
- INEE (2011) Informe 2010-2011. México: Instituto Nacional para la evaluación de la Educación.
- Infante-Malachias, M. E. (2010) Comprehension of basic genetic, concepts by brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Vol.9. N° 3. 657-668.

- Íñiguez, F. J. (2005) Tesis doctoral. La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista. Universidad de Barcelona.
- Íñiguez, F. J. (2013) Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Universidad de Cádiz*. 10(3), 307-327.
- Jiménez, Albaladejo y Caamaño (1992) Didáctica de las ciencias de la naturaleza. Madrid: MEC.
- Jonhstone, A. H. y Mahmoud, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*. Vol. 14 (2), pp. 163-166.
- Kennedy, D. (2007) Redactar y utilizar resultados de aprendizaje. Un manual práctico. University College Cork. Irlanda.
- Lawson, A. E. (1983) Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.20 (2), pp 117-129.
- Lewis, J. Leach, J. and C. Wood-Robinson (2000, a) All in the genes? – Young people´s understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34, 2, 74-79.
- Lewis, J. Leach, J. and C. Wood-Robinson (2000, b) Chromosomes: the missing link – Young people´s understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. *Journal of Biological Education*, 34, 4, 189-199.

- Marcos, A. (2010) Hacia una filosofía práctica de la ciencia: especie biológica y deliberación ética. *Revista Latinoamericana de Bioética*, Vol. 10, núm. 2, julio-diciembre, pp 108-123.
- Martínez, M. M. e Ibáñez, M. T. (2006) Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*. 24(2), 193-206.
- Mauri, T.; Coll, C. et al.; (1999) ¿Qué hace que el alumno y la alumna aprendan los contenidos escolares? La naturaleza activa y constructiva del conocimiento, en “El constructivismo en el aula” Editorial Graó. Barcelona.
- Merril, M. D. Kelety, J. C. y Wilson, B. G. (1995) Elaboration Theory and cognitive psychology. *Instructional Science*, 10, 217-235.
- Miravalles, L. (1999) La utilización del comic en la enseñanza. *Propuestas. Comunicar*, 13, pp. 171-174.
- Mitchell, A. y Lawson, A.E. (1988) Predicting Genetics achievement in nonmajors college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 25 (1), pp. 551-553.
- Mc Adam, J.E. (1990) The persistent stereotype: children’s images of scientist, *Physics Education*, núm. 25.
- Mondelo Alonso, M. (1998) Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. *Enseñanza de las ciencias*, 16(3), págs. 399-408.

- Monereo, C. (1995) De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el Proyecto Curricular Investigación y Renovación Escolar (IRES) *Investigación en la escuela*. 27, 21-38.
- Moreira, M. A. (1999) *Teorías de Aprendizagem*. E.P.U. Sao Paulo, págs. 195.
- Nathan (2011) Génétique & santé – 1èreS.
- O'Connor, J. y Seymour, J. (1992) Introducción a la programación neurolingüística, Urano, Barcelona, en Cerrolaza *et al* (1997).
- Pacheco, L. C. (2013) La reflexión docente: eje para promover el cambio representacional de concepciones y prácticas en los docentes. Redalyc. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia. 107-118.
- Peme-Arenaga, C. (2005) Algunas reflexiones acerca de la investigación en educación en biología. *Campo abierto*, 27: 133-148.
- Perales, F. J. (2000) *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Marfil Alcoy. España.
- Pozo, J. I. (1989) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (1998) *Aprender y Enseñar Ciencia: Del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. y Monereo, C. (2002) *El aprendizaje estratégico. Enseñar a aprender desde el currículo*. Aula XXI. Santillana. España.
- Pozo, J. I. (2011) *Aprendices y maestros*. Ed. Alianza Cultural, Madrid.

- Rodríguez, K. (2010) Texto Narrativo. El cómic. Departamento de lenguaje.
Revisado en Internet el día 16 de septiembre de 2013 en la pág.
<http://www.slideshare.net/venus1087/textos-narrativos-comic>
- Rodríguez Palmero, Ma. L. (2000) Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la Biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*. –V5 (3), pp. 237-263.
- Ruíz del Castillo, A. Enfoques sobre la ciencia y sus aplicaciones. En: Crisis, educación y poder en México (1998).
- Saka, A; Cerrah, L.; Akdeniz, A.R. and A. Ayas (2006). A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: how do they image the gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15,2 192-202.
- Santos, S. (2006). The diversity of everyday ideas about inherited disorders. *Public Understanding of Science*, 15, 259-275.
- Santos del Real (2011) La Educación Media Superior en México. Cap. 1 Composiciones sobre la obligatoriedad y la composición de la educación media superior. INNE Informe 2010-2011.
- Simonton, D. K. (2000) *Cognitive, Personal, Developmental, and Social Aspects*. *American Psychologist*, 1, 151-158.
- Smith, M. U. (1991) Teaching Cell Division: Students Difficulties and Teaching Recommendations. *Journal of College Science Teaching*, XXI, pág. 28-33.

- Starr y Taggart (2005) Biología. La unidad y diversidad de la vida.
- Stevenson, R. J. y Palmer, J. A. (1994) *Learning: principles, processes and practices*. Londres, Cassell.
- Soto, R. E. (2012) Historias para jóvenes y adultos en México en *Del tebeo al manga: Una historia de los cómics 9. Revista de aventuras y de cómic para adultos*, pp 181-182.
- Suárez, R. (2002) La Educación. Teorías Educativas. Estrategias de Enseñanza-Aprendizaje. Ed. Trillas. México.
- Vecina, L. (2006) "Creatividad". Consejo General de Colegios Oficiales de Psicólogos Madrid. *Papeles del psicólogo* 27 (00). 31-39.
- Walker, R. A., Hendrix, J. R. y Mertens, T. R. (1980). Sequence instruction in genetics and Piagetian cognitive development. *The American biology Teacher*, Vol. 42, pp 104 -108.
- Wood-Robinson, C; Lewis, J.; Leach, J. and R. Driver (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 16, 1; 43-61.
- Zorrilla, E. (2001) Tesina en Ciencias de la Comunicación: El lenguaje del cómic contemporáneo. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. UNAM.

CAPÍTULO 8. A N E X O S

A n e x o 1

“Ubicación del tema en el Programa de Estudio de Biología I-IV del CCH, UNAM”.

Programa de Biología I

- Segunda Unidad. ¿Cómo se lleva a cabo la regulación, conservación y reproducción de los sistemas vivos?
- Tema III. Procesos de reproducción
- **Subtema Mitosis: Fases e importancia.**

Aprendizajes establecidos en el Programa Indicativo

Conceptual.

El alumno:

- Describe con una visión global en la que se destaquen los hechos básicos que tienen lugar a lo largo del proceso de división celular por mitosis.

Procedimental y actitudinal.

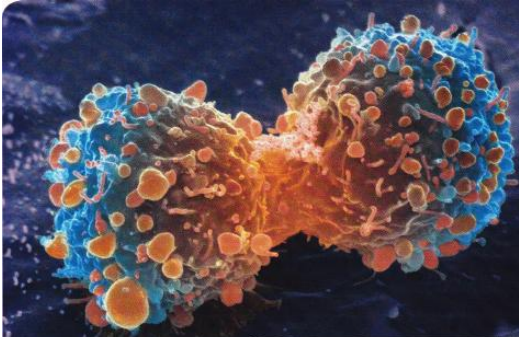
El alumno:

- Aplica habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales y experimentales que contribuyan a la comprensión de los procesos de reproducción.
- Aplica habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas”.

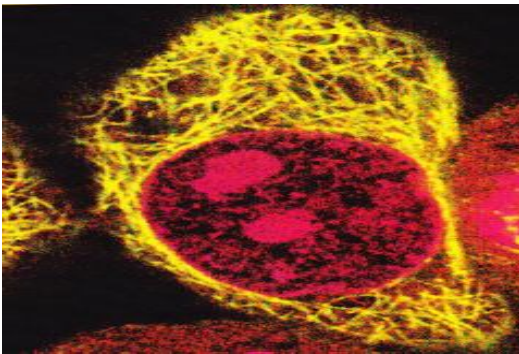
(Programas de Estudio de Biología del Colegio de Ciencias y Humanidades 2003).

A n e x o 2

En 1858, el médico alemán Rudolf Virchow estableció un importante principio biológico, **toda célula proviene de otra célula.**



Otros investigadores, en estudios posteriores mostraron que, antes de que las células puedan dividirse, deben presentar la cariocinesis o división **nuclear**.



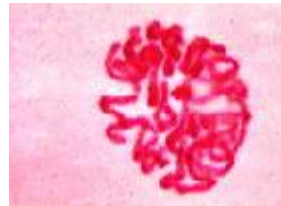
Las **instrucciones hereditarias** de todos los organismos **se encuentran en moléculas del ADN**. En eucariontes, la **mitosis** es uno de los dos mecanismos de división nuclear, donde, el DNA de la célula original se replica antes de la mitosis y durante la mitosis se distribuye en los nuevos núcleos de las próximas células hijas.

Posteriormente, por citocinesis se divide el **citoplasma** de la célula original en dos células hijas.

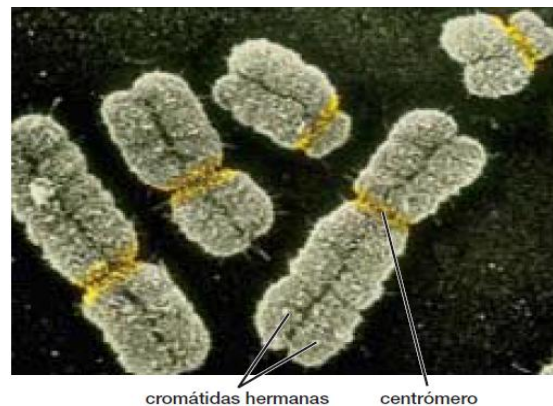
Los organismos multicelulares crecen, reemplazan sus células muertas o agotadas y reparan sus tejidos mediante la mitosis y

citocinesis de las células del cuerpo. Las células que constituyen el cuerpo se denominan **células somáticas**. Además, muchos hongos, protistas, plantas y ciertos animales se reproducen asexualmente por división celular mitótica.

Antes de que la célula inicie la división de su núcleo, duplica todos sus **cromosomas**. Un cromosoma está constituido por la molécula de ADN junto con las proteínas unidas a ella. En etapas tempranas de la mitosis, cada molécula del ADN se enrolla repetidamente sobre las proteínas para dar lugar a una forma muy condensada.



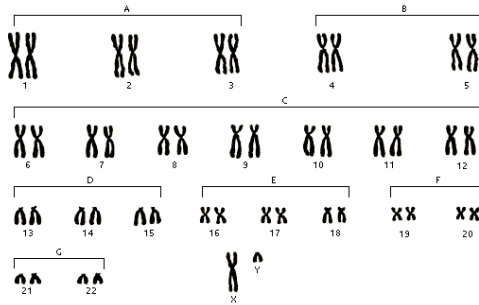
A medida que se condensa cada cromosoma duplicado, aparece una marcada reducción en la misma región a lo largo de su longitud. Esta región contraída es el **centrómero**. La ubicación del centrómero difiere en los distintos tipos de cromosoma de una célula.



Cada especie tiene un **número de cromosomas** característico, que es la suma

total de los cromosomas de las células de un tipo determinado. Las células somáticas humanas tienen 46, las de los gorilas tienen 48 y las de los chícharos tienen 14.

En realidad, tus 46 cromosomas son como los volúmenes de dos conjuntos de libros. Cada conjunto está numerado del 1 al 23.



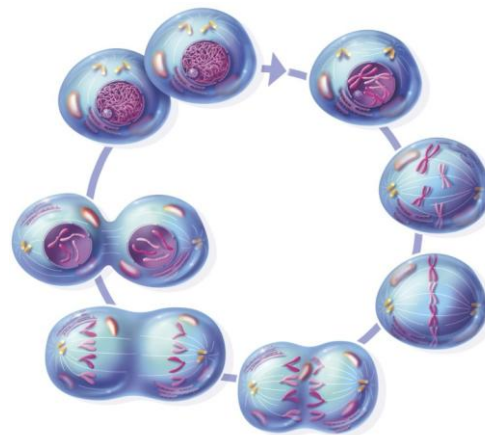
Por ejemplo, una persona tiene dos cromosomas 22, es decir, *un par de ellos*. Con excepción de un par de cromosomas sexuales, ambos miembros del par tienen la misma longitud y forma, y llevan las instrucciones para los diferentes caracteres hereditarios.

Los cromosomas podrían considerarse como dos conjuntos de libros sobre cómo construir una casa. Tu padre te dio un conjunto y tu madre tenía ideas propias sobre el cableado, el almacenamiento, la plomería, etc., de modo que te dio una edición alterna. En conjunto abarcan los mismos temas, pero sus instrucciones pueden o no diferir levemente, en diversos aspectos.

Decimos que el número de cromosomas es **diploide** o $2n$, cuando la célula tiene dos cromosomas de cada tipo de cromosomas característicos de la especie. Las células somáticas (del cuerpo) de los humanos, gorilas, plantas de chícharo y muchos otros organismos son de este tipo.

En la mitosis, la célula original diploide produce dos células diploides hijas. Esto no significa simplemente que cada una obtenga 46 o 48 o 14 cromosomas en total, pues si el número total fuera el importante, una célula podría recibir, por ejemplo, dos pares de cromosomas 22, y ningún par del cromosoma 9. Sin embargo, no podría funcionar como la célula original **por carecer de dos cromosomas de cada tipo**.

El DNA de una célula que comienza su mitosis ya se ha duplicado durante la interfase. Los cambios importantes suceden ahora de manera continua en seis etapas: **profase**, los cromosomas se condensan y se acortan, el nucléolo desaparece; **prometáfase**, la envoltura nuclear se desintegra; **metáfase**: los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula; **anafase**, las cromátidas hermanas se separan y se desplazan hacia los polos opuestos de la célula; **telofase**: un conjunto de cromosomas llega a cada polo; la envoltura nuclear empieza a formarse alrededor de cada conjunto; **citocinesis**, división del citoplasma.



Ahora examina tus manos e intenta visualizar a las células que constituyen tus palmas, pulgares y dedos. Imagina las divisiones que dieron lugar a todas las generaciones de

células que las precedieron desde la etapa temprana de tu desarrollo, mientras estabas en el vientre de tu madre. Imagina también que perdieras la capacidad de dividir tus células ¡no podrías crecer, ni reparar tus heridas! Por otra parte, cuando se pierde la capacidad de detener la mitosis en algún tejido, aparecen tumores que podrían ser cancerosos.

A partir de la información anterior puedes responder ¿por qué es importante que comprendas cómo es que ocurre la mitosis?

Texto utilizado para trabajar con los alumnos en la clase con el grupo de intervención.

A n e x o 3

Test para trabajar el grupo piloto.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES – IZTACALA
MADEMS BIOLOGÍA**

Test para evaluar los conocimientos de los alumnos en el tema mitosis.

Anota en la línea tu seudónimo: _____

Edad: _____ Género: _____

¡Hola! Por favor contesta las siguientes preguntas. El resultado de este cuestionario no será utilizado para tu calificación en la materia. La intención es conocer tus conocimientos sobre el tema.

I. Instrucciones. Subraya la respuesta correcta.

1.- Proceso que se lleva a cabo durante el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y en la reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares.

a) mitosis b) meiosis c) partenogénesis d) formación de gametos

2.- ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado en la fase S?

a) cuatro b) dos c) tres d) una

3.- En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células hijas es _____ que el de la célula de la cual se originaron.

a) la mitad b) el doble c) igual d) el triple

4.- ¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?

a) metafásico b) anafásico c) tetraploide d) telofásico

5.- Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo?

- a) 92 b) 46 c) 62 d) 23

II. Instrucciones. Responde las siguientes preguntas de acuerdo a lo que sabes al respecto.

1.- ¿En qué momento se considera que el número de cromosomas es diploide o $2n$?

2.- Ayuda a Dany a dar respuesta a las dos preguntas que se planteó.

Dany estaba rebanando algunas verduras, cuando momentáneamente, se distrajo observando algunas frutas que tenían un crecimiento amarillo-verdoso como una especie de algodón y se preguntó ¿Qué está pasando en las frutas para que tengan eso?, entonces, accidentalmente se cortó, después de un momento, observó su pequeña cortada y pensó ¿Qué le pasan a las células de mi cuerpo para que sane la herida?

3.- Asigna un número de acuerdo al orden en que ocurre cada fase de la división celular.

Fases de la división celular	anafase	profase	telofase	metafase	citocinesis
Orden en que ocurre cada fase					

A n e x o 4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES – IZTACALA
MADEMS BIOLOGÍA**

Pre-test para evaluar los conocimientos de los alumnos en el tema mitosis tanto en los grupos de intervención como en el control.

Anota en la línea tu seudónimo: _____

Edad: _____ Género: _____

¡Hola! Por favor contesta las siguientes preguntas. El resultado de este cuestionario no será utilizado para tu calificación en la materia. La intención es conocer tus conocimientos sobre el tema.

I. Instrucciones. Subraya la respuesta correcta.

1.- Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células.

a) mitosis b) meiosis c) partenogénesis d) formación de gametos

2.- En la fase S ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado?

a) cuatro b) dos c) tres d) una

3.- En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es.

a) haploide b) tetraploide c) diploide d) hexaploide

4.- ¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?

a) metafásico b) anafásico c) tetraploide d) telofásico

5.- Proceso que se lleva a cabo durante el crecimiento, la reparación de tejidos en organismos pluricelulares y en la reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares.

a) mitosis b) meiosis c) partenogénesis d) formación de gametos

II. Instrucciones. Responde las siguientes preguntas.

1.- Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo? Fundamenta tu explicación.

2.- ¿Cuál es la importancia biológica de la mitosis?

3.- Ayuda a Dany a dar respuesta a las dos preguntas que se planteó.

Dany estaba rebanando algunas verduras, cuando momentáneamente se distrajo, entonces, accidentalmente se cortó, después de un momento, observó su pequeña cortada y pensó ¿Qué le pasan a las células de mi cuerpo para que se reconstituya el tejido? Además, se cuestionaba si este proceso sería similar al que tienen algunos organismos como los hongos que veía crecer sobre la fruta, cuando se reproducen.

4.- Relaciona cada etapa con los eventos que se describen

- | | |
|---|-------------------|
| (a) Cromátides hermanas se separan | _____ citocinesis |
| (b) Los cromosomas comienzan a condensarse | _____ telofase |
| (c) División del citoplasma | _____ anafase |
| (d) Los cromosomas se condensan y se forman los núcleos hijos | _____ metafase |
| (e) Los cromosomas se encuentran alineados en el ecuador | _____ profase |

A n e x o 5



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FES – IZTACALA
MADEMS BIOLOGÍA**

Pos-test para evaluar los conocimientos de los alumnos en el tema mitosis tanto en los grupos de intervención como en el grupo control.

Anota en la línea tu seudónimo: _____

Edad: _____ Género: _____

¡Hola! Por favor contesta las siguientes preguntas. El resultado de este cuestionario no será utilizado para tu calificación en la materia. La intención es conocer tus conocimientos sobre el tema.

I. Instrucciones. Subraya la respuesta correcta.

1.- Constituye la base del crecimiento, reparación de tejidos en organismos pluricelulares y reproducción asexual de algunos eucariontes unicelulares.

a) formación de gametos b) partenogénesis c) mitosis d) meiosis

2.- ¿Cómo se llama el cromosoma cuando está en estado duplicado?

a) metafásico b) anafásico c) tetraploide d) telofásico

3.- Mediante este tipo de división, una célula original proporciona el mismo número de cromosomas idénticos a las células.

a) mitosis b) meiosis c) partenogénesis d) formación de gametos

4.- ¿Cuántas cromátides tiene un cromosoma duplicado?

a) cuatro b) dos c) tres d) una

5.- En las células somáticas, después de la mitosis, el número de cromosomas de las células que se originaron es.

a) haploide b) tetraploide c) diploide d) hexaploide

II. Instrucciones. Responde las siguientes preguntas.

1.- Si una célula del intestino humano tiene 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrá una célula de la piel de ese mismo individuo? Fundamenta tu explicación.

2.- ¿Cuál es la importancia biológica de la mitosis?

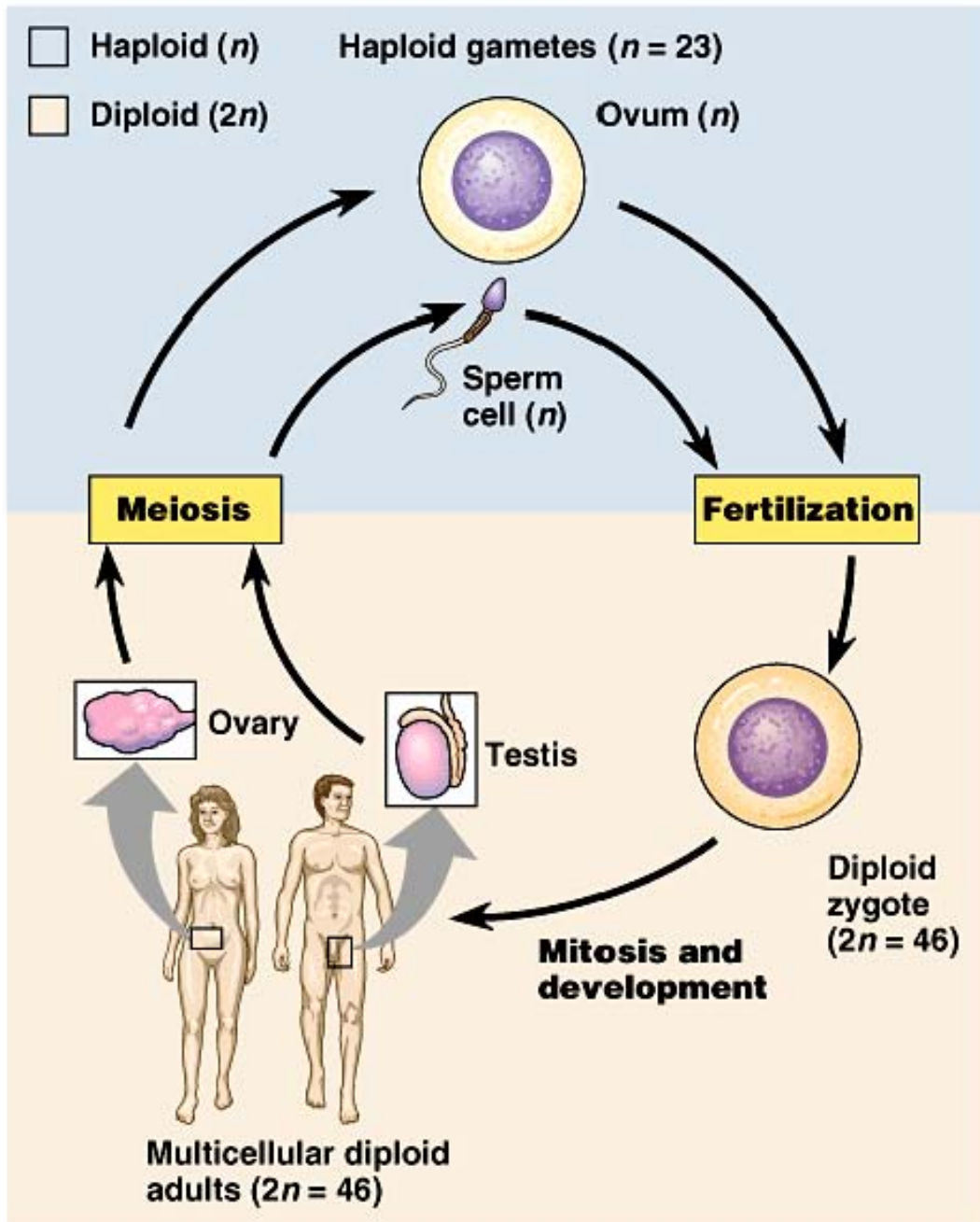
3.- Ayuda a Dany a dar respuesta a las dos preguntas que se planteó.

Dany estaba rebanando algunas verduras, cuando momentáneamente se distrajo, entonces, accidentalmente se cortó, después de un momento, observó su pequeña cortada y pensó ¿Qué le pasan a las células de mi cuerpo para que se reconstituya el tejido? Además, se cuestionaba si este proceso sería similar al que tienen algunos organismos como los hongos que veía crecer sobre la fruta, cuando se reproducen.

4.- Relaciona cada etapa con los eventos que se describen

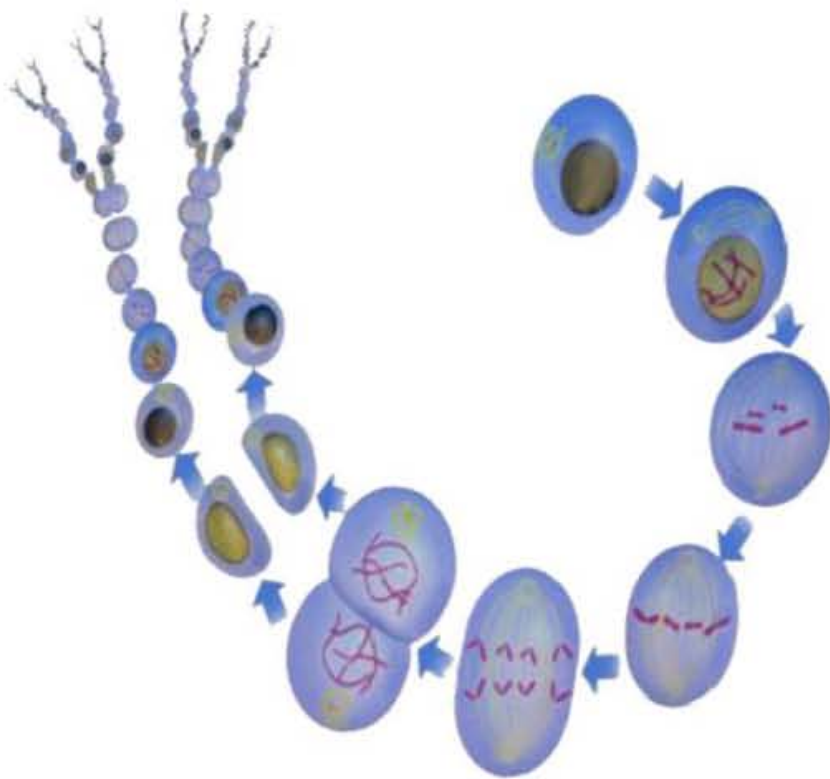
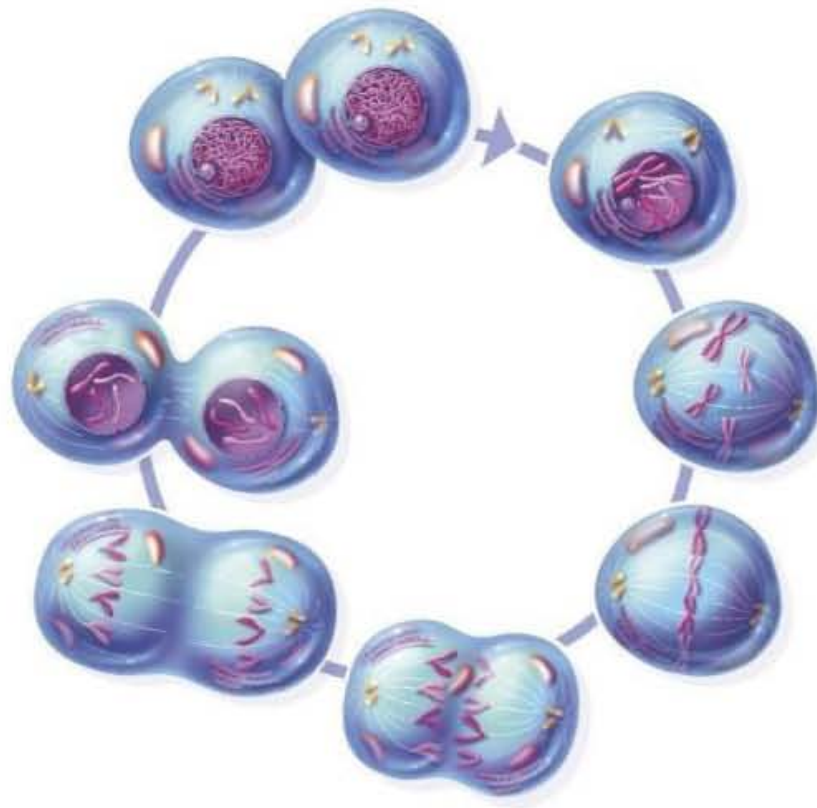
- | | |
|--|-------------------|
| (a) Cromátidas hermanas se separan | _____ citocinesis |
| (b) Los cromosomas comienzan a condensarse | _____ telofase |
| (c) División del citoplasma | _____ anafase |
| (d) Los cromosomas se condensan y desaparece La membrana nuclear | _____ metafase |
| (e) Los cromosomas se encuentran alineados en el ecuador | _____ profase |

A n e x o 6



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Imágenes utilizadas para trabajar con los alumnos en la clase con los grupos de intervención



A n e x o 7

RÚBRICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA TERMINOLOGÍA ADECUADA EN LAS PREGUNTAS ABIERTAS DE LOS TEST Y DEL PRIMER CRITERIO (ELECCIÓN DE CONCEPTOS) EN LA RÚBRICA PARA EVALUAR EL COMIC.

Concepto que se presenta	Conceptos bien aplicados	Integración de la información
División nuclear		
Replicación del ADN		
Mitosis		
Reparar, crecer, sustituir		
Células somáticas		
Reproducción asexual		
Cromosoma		
Diploide		
Profase, metafase, anafase, telofase		

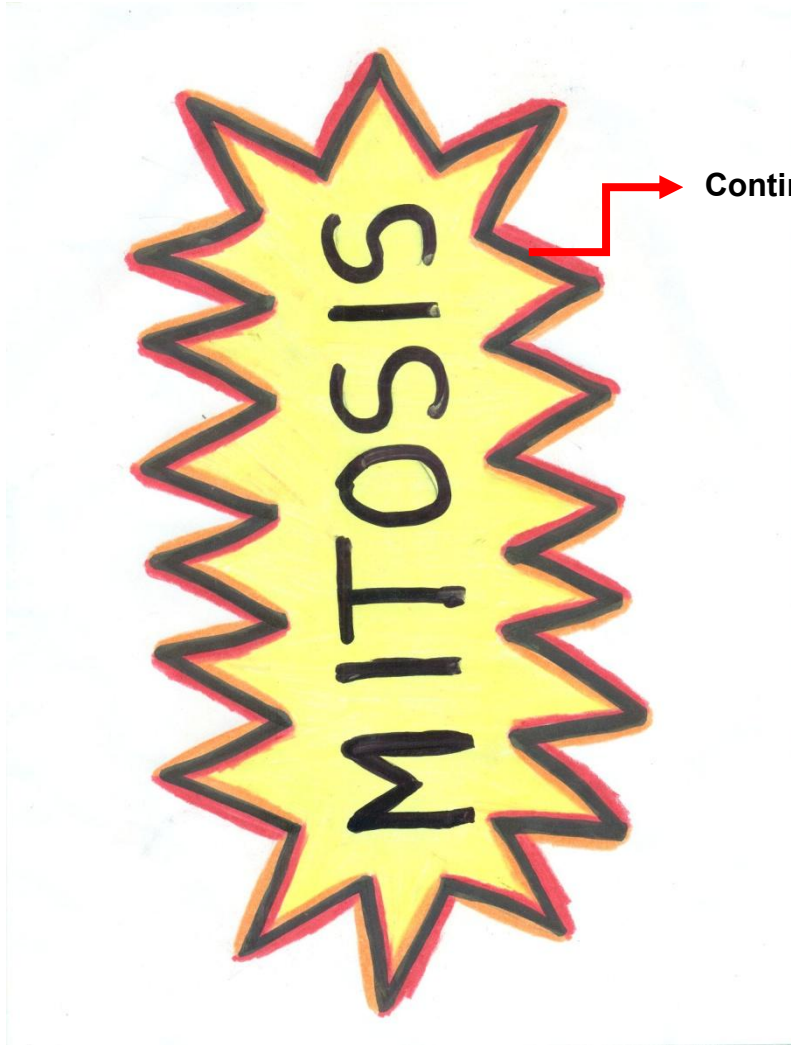
Rúbrica para evaluar comics sobre el tema mitosis.

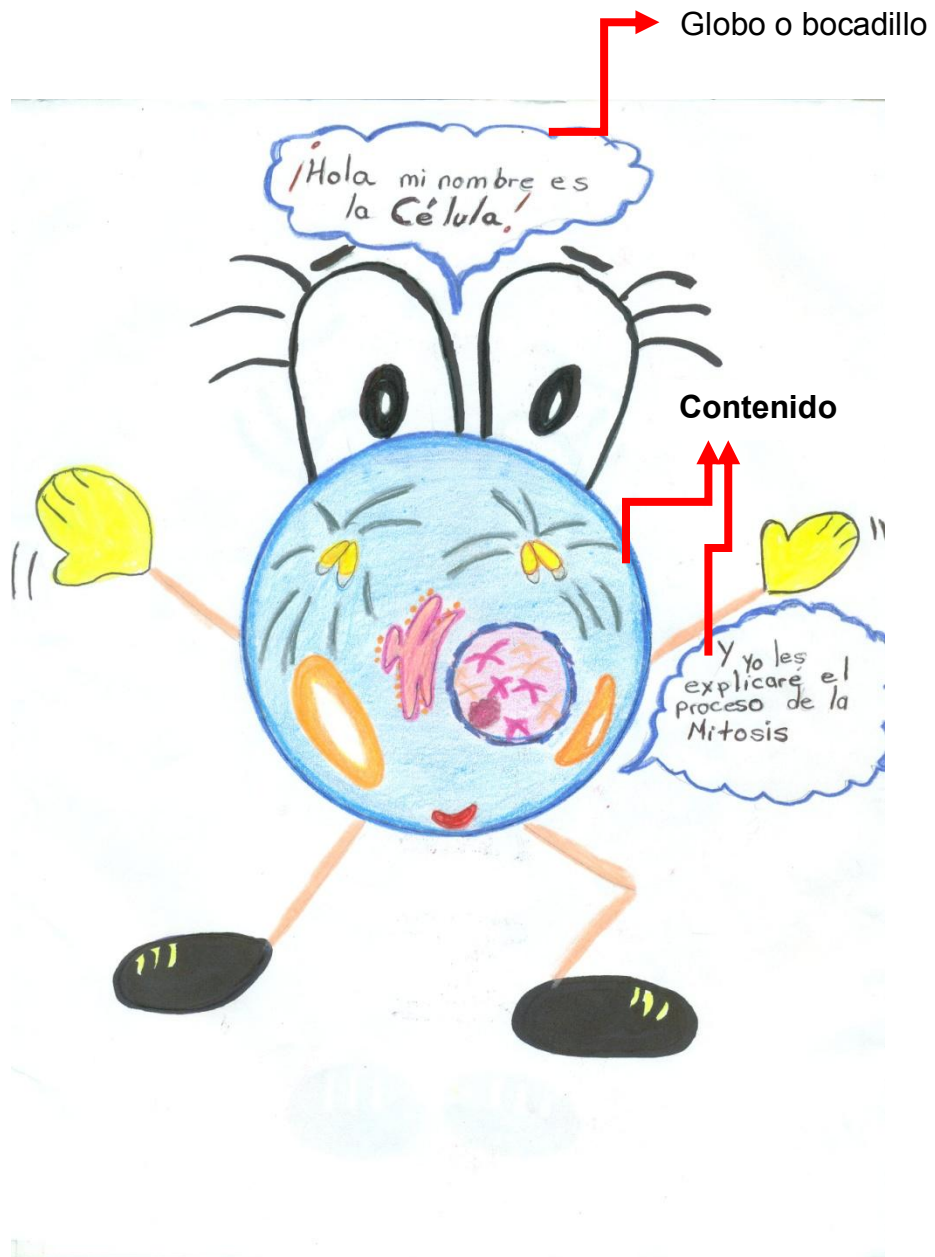
Criterios	Excelente (10)	Bien (8)	Regular (6)	No cumple (5)
Elección de los conceptos.	Los conceptos que se presentan en el comic son correctos y relevantes para comprender la Mitosis, y resaltan la importancia del proceso.	Algunos de los conceptos que se presentan aunque son correctos no son del todo relevantes para comprender la Mitosis, y no resaltan la importancia del proceso totalmente.	Los conceptos que se presentan son correctos pero no son relevantes para comprender la mitosis y no resaltan su importancia.	Los conceptos que se presentan son incorrectos, irrelevantes y no resaltan la importancia del proceso.
Uso adecuado de la terminología.	El uso de la terminología describe el proceso central de la mitosis y enfatiza los puntos clave del tema.	El uso de la terminología aunque es adecuado, describe el proceso central y enfatiza los puntos clave del tema mínimamente.	El uso de algunos términos es adecuado, no describe el proceso central ni enfatiza los puntos clave del tema.	El uso de algunos términos no es adecuado, no describe el proceso central ni enfatiza los puntos clave del tema.
Integración de los conceptos con las imágenes.	Los conceptos que se presentan en el comic están integrados de manera clara y congruente y la información tiene una organización que en secuencia sea correcta.	Los conceptos que se presentan en el comic están integrados de manera clara y congruente pero la información no tiene una organización secuencial correcta.	Algunos conceptos están integrados de manera clara y congruente, la información no tiene una organización que en secuencia sea correcta.	Los conceptos no están integrados de manera clara y congruente, la información no tiene una organización que en secuencia sea correcta.
Creatividad	El comic posee atractivo visual y capta la atención para una lectura amena.	El comic posee atractivo visual pero no capta la atención para una lectura amena.	El comic posee poco atractivo visual y es aburrido en su lectura.	El comic no posee atractivo visual ni capta la atención del lector.

A n e x o 9

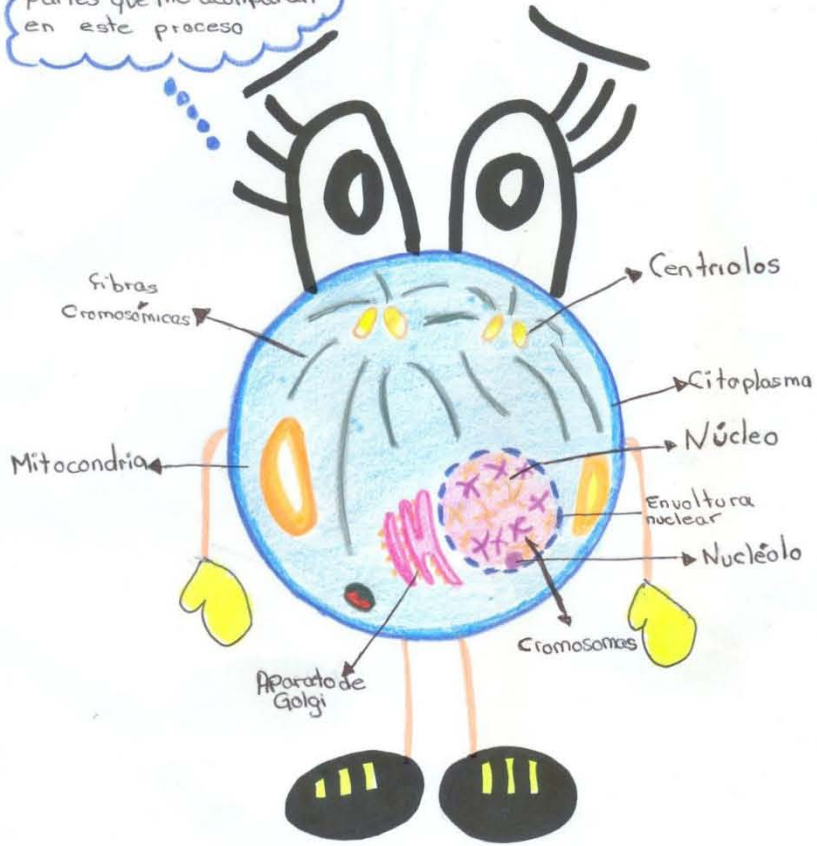
COMICS ELABORADOS POR LOS ALUMNOS

COMIC No. 1





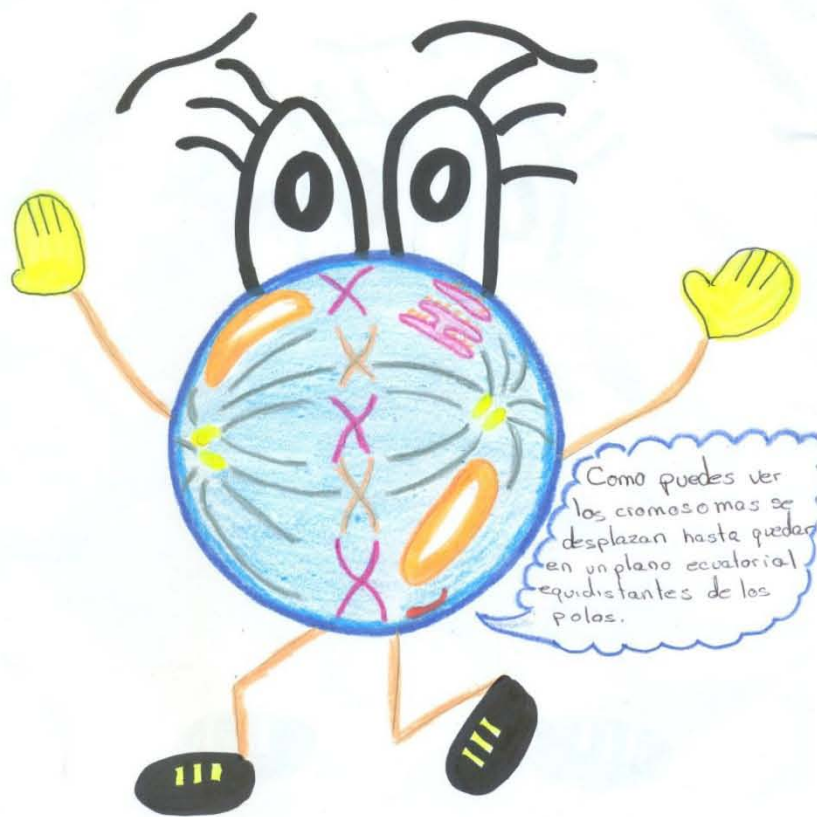
Para que puedas comprender este proceso, primero te dire algunas de las partes que me acompañan en este proceso



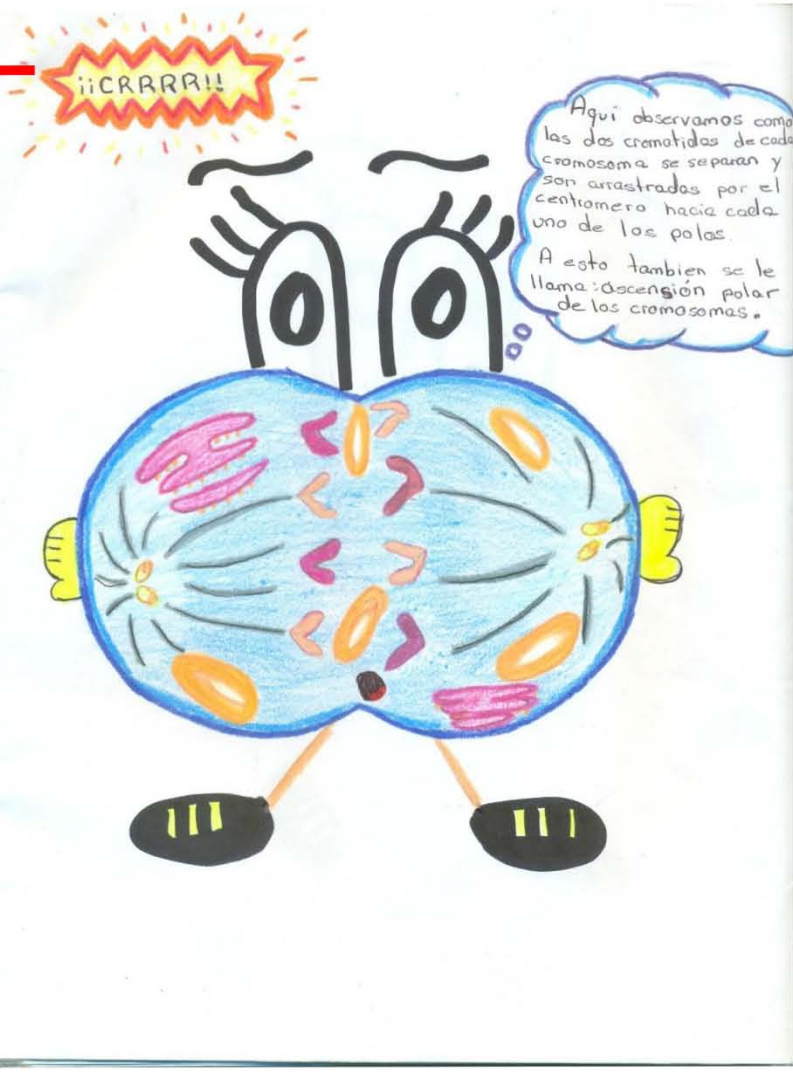


En esta fase el
núcleolo se hace cada
vez menos evidente y el
contenido queda disperso
en el citoplasma.

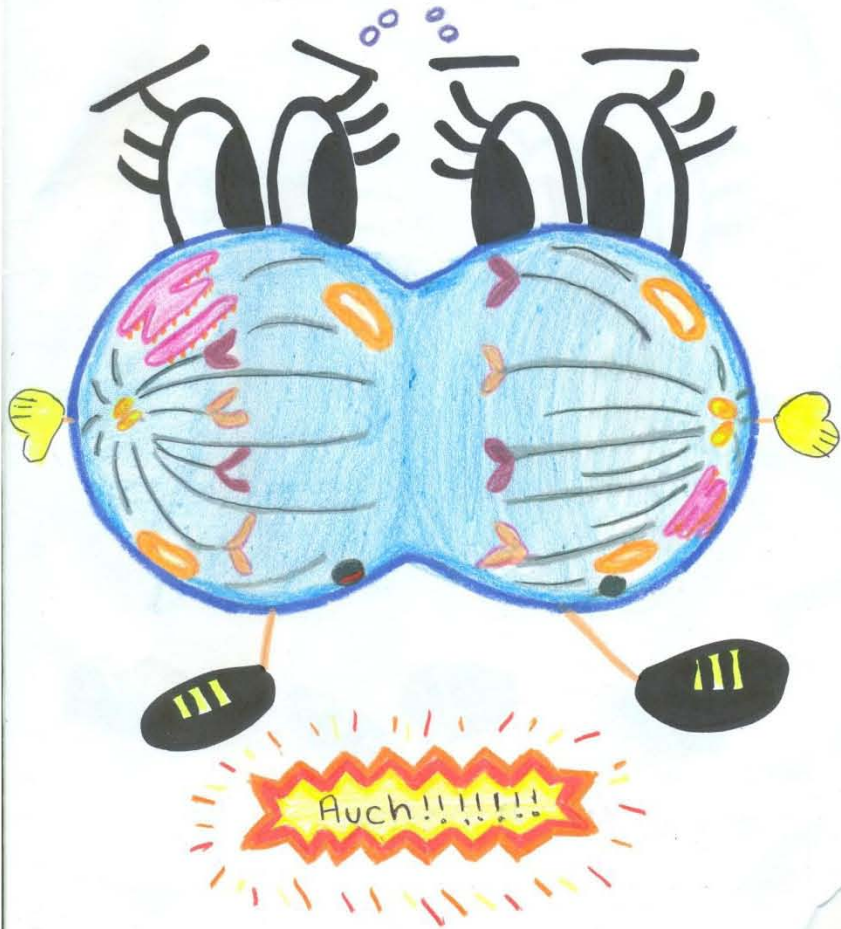




Onomatopeya

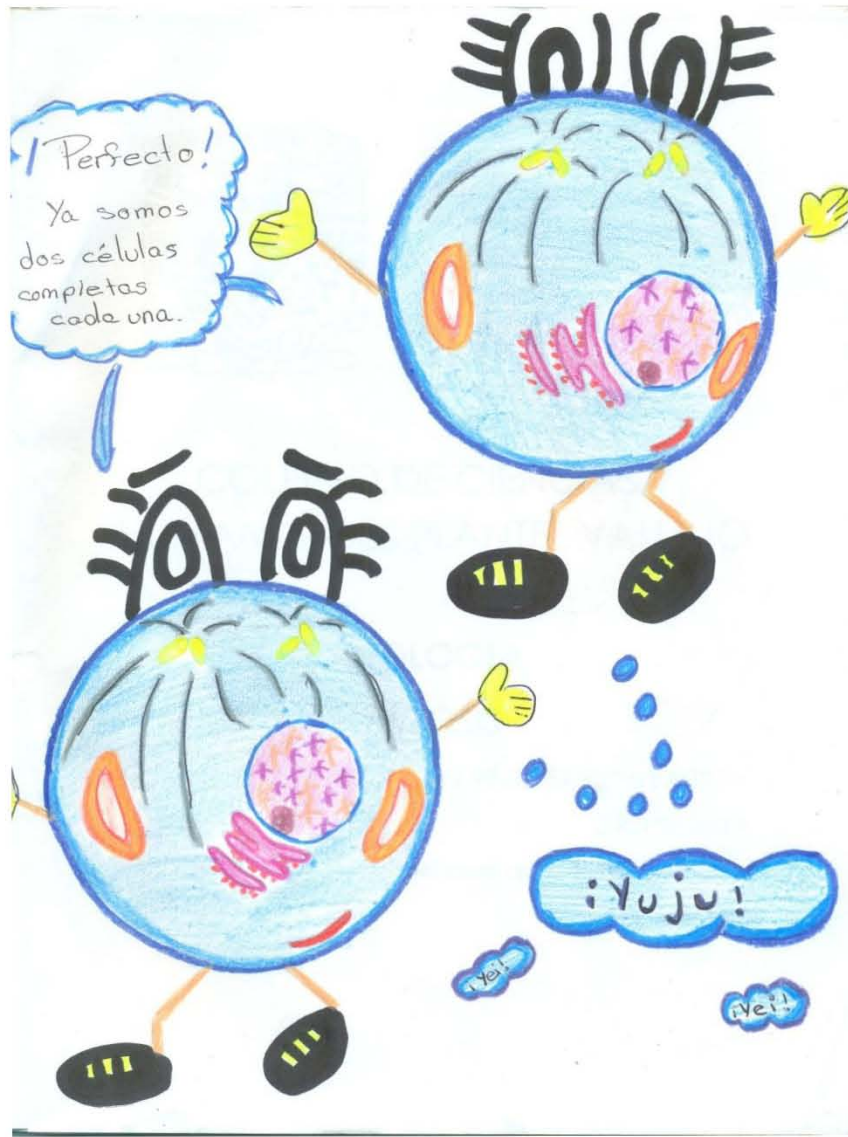


Ya en esta, una de las últimas
fases de la mitosis queda más clara
la ascensión polar de cromosomas y la
bipartición de la célula.



Aquí ya podemos apreciar a las células hijas, donde los cromosomas resultan indistinguibles y se transforman en cromatina, y se reorganiza la envoltura nuclear





Kables Salis Intel.
Celcelim con Rambo Man.

MITOSIS

Toda célula proviene de otra

El médico Alemán
Rudolf Virchow estableció un
importante principio biológico,
"toda célula proviene de otra
célula"

1858

Cartelera

Antes de
que las células
puedan dividirse,
deben primero
la replicación o
división nuclear.

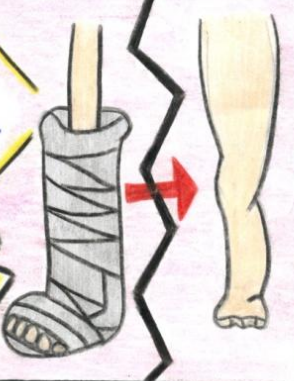
En las células
eucariotas, el
DNA de la
célula original
se replica
antes de la
mitosis.

y durante la
mitosis se
distribuye en
dos nuevas
células hijas.

Por citocinesis se
divide el citoplasma
de la célula
original en 2
células hijas!

Los organismos
multicelulares
viven, reemplazan
sus células muertas
o agotadas y
reparan sus tejidos
mediante la mitosis
y citocinesis de las
células del cuerpo.

Las células que
constituyen el
cuerpo se
denominan células
somáticas!!!



SABIAS QUE...

Antes de que la
célula inicie la división de
su núcleo, esta duplica
todos sus cromosomas.

En citocinesis esta
constituye la mitad de
Abn junto con los
proteínas unidas
a ella.

Etapas de la Mitosis

El DNA de una célula que comienza su mitosis ya se ha duplicado durante la interfase.

Los cambios importantes suceden ahora de manera continua en seis etapas.

7	6	5	4
3	2	1	0

PROMETAFASE

La envoltura nuclear se desintegra.

PROFASE

Los cromosomas se condensan y se acortan, el núcleo desaparece.

METAFASE

Los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula.

ANAFASE

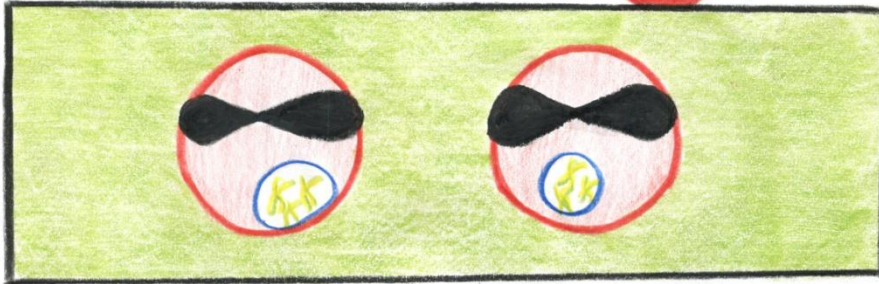
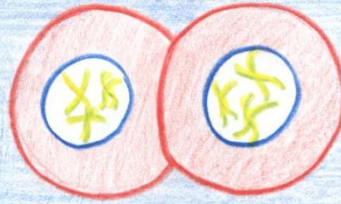
Los cromátidos hermanos se separan y se desplazan hacia los polos opuestos de la célula.

TELOFASE

Un conjunto de cromosomas llega a cada polo.

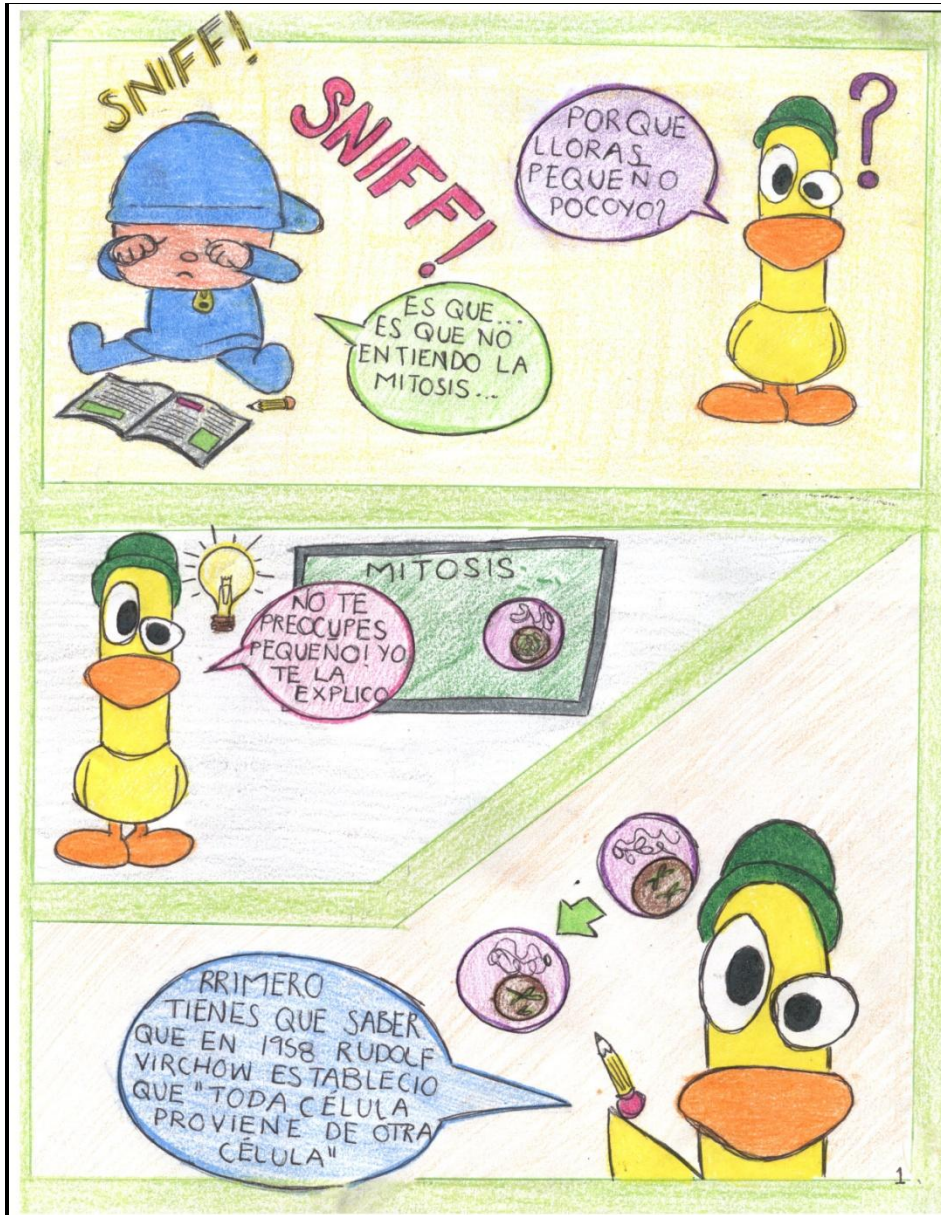


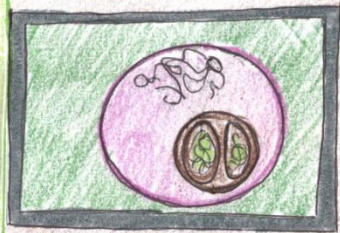
La envoltura nuclear empieza a formarse alrededor de cada conjunto.



Ahora ya sabes la importancia que tiene el proceso de mitosis ya que si este proceso se detuviera no podrías crecer o tus tendones no sanarían y esto ocasionaría que aparecieran tumores que podrían ser cancerosos.

COMIC No. 3





PROSIGAMOS | LA MITOSIS ES UN MECANISMO DE DIVISIÓN NUCLEAR DONDE, EL DNA DE LA CÉLULA ORIGINAL SE REPLICA ANTES Y DURANTE LA MITOSIS

LUEGO SE DISTRIBUYE EN LOS NUEVOS NUCLEOS DE LAS PRÓXIMAS CÉLULAS

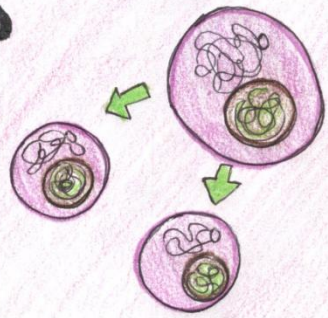
PATO! NO OLVIDES QUE ANTES DE DIVIDIRSE LAS CÉLULAS DEBEN TENER DIVISIÓN NUCLEAR



RECUERDA QUE EN LAS MOLECULAS DE DNA SE ENCUENTRAN LAS INSTRUCCIONES HEREDITARIAS DE LOS ORGANISMOS



CONTINUANDO CON LA MITOSIS, SE DIVIDE EL CITOPLASMA DE LA CÉLULA ORIGINAL EN DOS CÉLULAS HIJAS



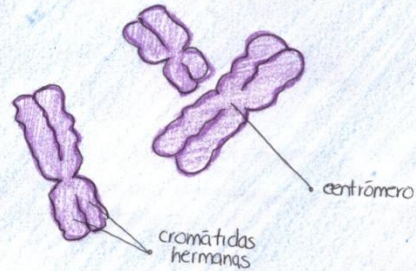


EN LOS ORGANISMOS MULTICELULARES LA MITOSIS Y LA CITOCINESIS DE LAS CÉLULAS SIRVEN PARA REPARAR TEJIDOS Y REEMPLAZAR CÉLULAS, LAS CÉLULAS QUE CONSTITUYEN EL CUERPO SE LLAMAN SOMÁTICAS.

CUANDO LA CÉLULA INICIA LA DIVISIÓN DE SU NÚCLEO, DUPLICA TODOS SUS CROMOSOMAS, NO OLVIDES QUE UN CROMOSOMA SE COMPONE DE UNA MOLÉCULA DE ADN UNIDA A PROTEÍNAS.



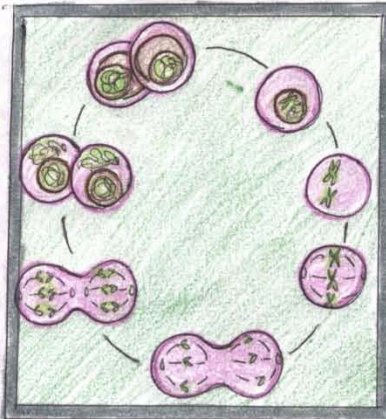
LOS CROMOSOMAS SE PUEDEN ENCONTRAR CONDENSADOS DEBIDO A QUE LAS PROTEÍNAS Y EL ADN SE ENROSCAN A MEDIDA QUE SE CONDENSAN SE CONTRAE EL CENTRÓNERO DEL CROMOSOMA.



CADA ESPECIE TIENE UN NÚMERO DE CROMOSOMAS CARACTERÍSTICO, EN LOS HUMANOS SON 46, EN LOS COYOTES, 48, ETC. LOS CROMOSOMAS SE JUNTAN EN PARES
46 = 23 PARES.

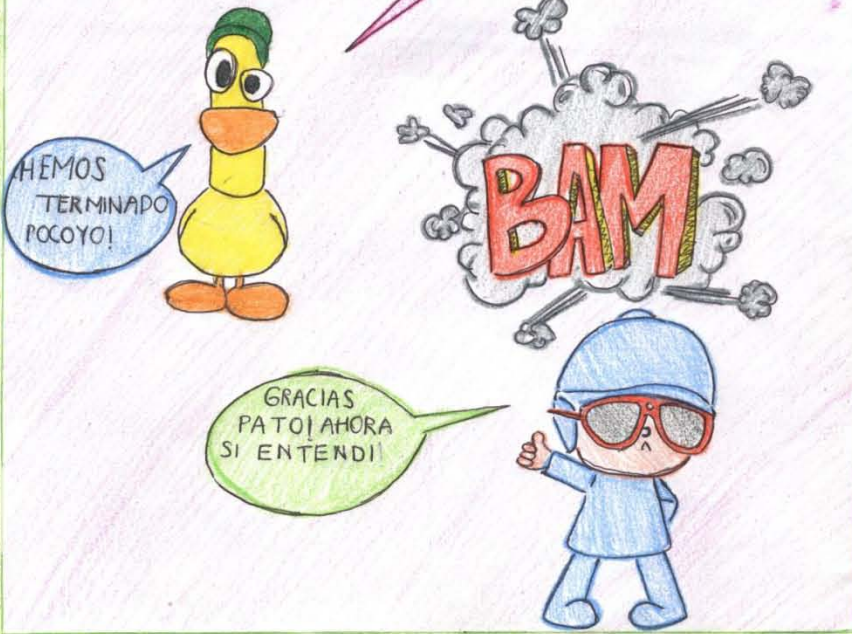


Continente



EL DNA DE UNA CÉLULA COMIENZA SU MITOSIS YA SE HA DUPLICADO DURANTE LA INTERFASE.

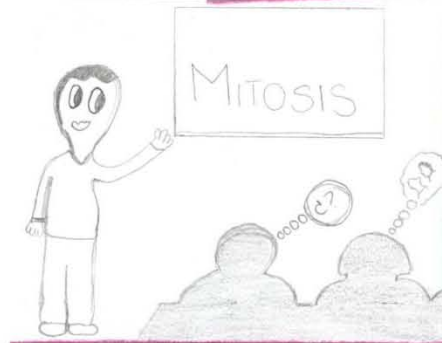
LA MITOSIS SUCEDE EN SEIS FASES
 PROFASE → EL NÚCLEO DESAPARECE, LOS CROMOSOMAS SE CONDENSAN Y SE CORTAN.
 PROMETAFASE → LA ENVOLTURA NUCLEAR SE DESINTEGRA.
 METAFASE → LOS CROMOSOMAS SE ALINEAN EN EL "ECUADOR" DE LA CÉLULA.
 ANAFASÉ → LAS CROMATIDES HERMANAS SE SEPARAN Y SE MUEVEN HACIA LOS POLOS.
 TELOFASE → UN CONJUNTO DE CROMOSOMAS LLEGA AL POLO Y SE FORMA ENVOLTURA NUCLEAR ALREDEDOR, SE DIVIDE EL CITOPLASMA.



Ju 15 de Diciembre
en la clase de
Biología.

MITOSIS

Como todos
saben toda
célula produce

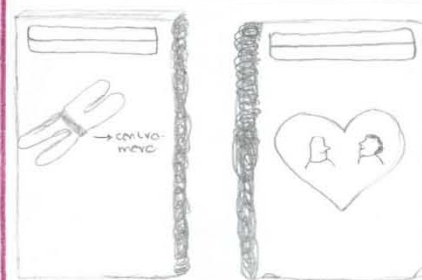


de otra. En células eucariotas la
MITOSIS es un mecanismo de división
nuclear en donde...

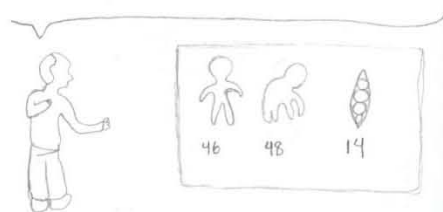


Así es. Las células que constituyen el
cuerpo se denominan SOMÁTICAS y
antes de su división, duplican sus
cromosomas.

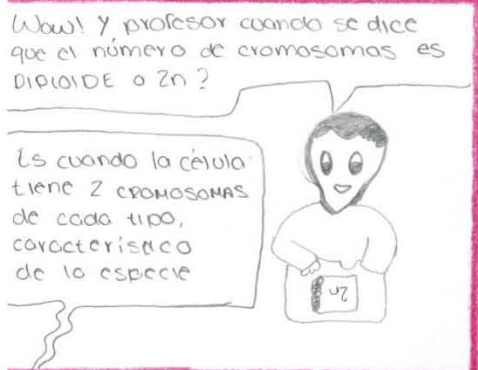
Mientras tanto



Bien jóvenes, cada especie tiene un
número de cromosomas característico



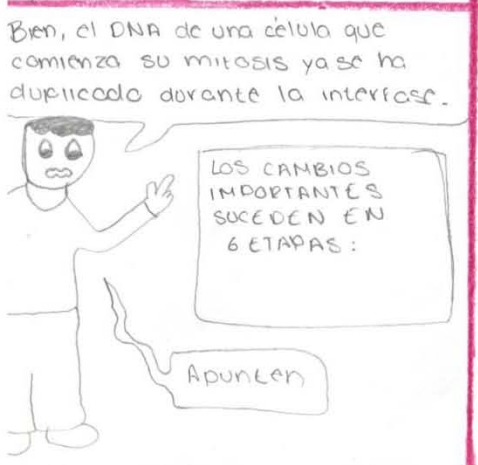
De los 46 Cromosomas,
tienes dos cromosomas
22, con excepción de un
par de cromosomas
sexuales.



MITOSIS

la célula original diploide produce 2 células diploides hijas.

$2n \rightarrow$ Diploide (2 células)



PROFASE \rightarrow Los cromosomas se condensan y se acortan, el núcleo desaparece.

PROMETAFASE \rightarrow la envoltura nuclear desaparece.

METAFASE \rightarrow Los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula.

ANAFASE \rightarrow Las cromátidas se separan y se desplazan a los polos.

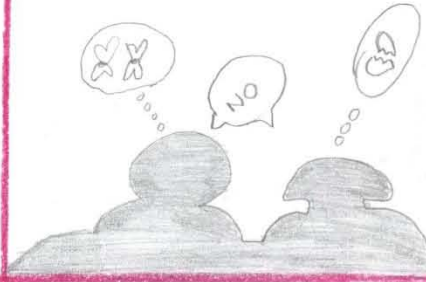
TELOFASE \rightarrow Cada par de cromosomas llega al polo y se comienza a formar la envoltura nuclear.

CITOCINESIS \rightarrow División del citoplasma

Bien pues ya casi terminamos



¿Tienen alguna duda?



Bueno para terminar les recuerdo que la próxima clase hay examen sobre MITOSIS



¡...! Examen! ¡NO!

Y una última pregunta... ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE QUE COMPRENDAS COMO ES QUE OCURRE LA MITOSIS ?

Porque conociendo la MITOSIS podemos conocer como es que heredamos algunos parentescos y conocer como es que alguien puede nacer con alguna enfermedad.